



Màster universitari en **Formació del Professorat d'Educació Secundària  
Obligatòria i Batxillerat, Formació Professional i Ensenyament d'Idiomes**

## Treball de fi de màster

Títol: Gravat i tall làser amb CNC (Control Numèric per Computador) per l'alumnat de 2n ESO.

Cognoms: Teuler Bou

Nom: Rosa

Titulació: Màster en Formació del Professorat d'Educació Secundària Obligatòria i Batxillerat, Formació Professional i Ensenyament d'Idiomes

Especialitat: Tecnologia

Director/a: Josep Jordana Barnils

Data de lectura: 20 de Juny de 2018



## Índex

|   |    |
|---|----|
| Índex.....  | 1  |
| Figures .....   | 3  |
| Taules.....   | 4  |
| Llista d'abreviacions .....   | 5  |
| 1. Introducció .....  | 6  |
| 2. Definició, context del problema i objectius .....  | 7  |
| 3. Marc de referència.....  | 8  |
| 3.1. La fabricació digital en l'educació .....  | 8  |
| 3.2. Orígens de la fabricació digital, moviment “ <i>Maker</i> ” i “ <i>Open source</i> ” .....     | 8  |
| 3.3. Tipologies de fabricació digital .....   | 9  |
| 3.3.1. Fabricació digital subtractiva .....   | 9  |
| 3.3.2. Fabricació digital additiva .....  | 10 |
| 4. Descripció de la solució proposada .....   | 12 |
| 4.1. Anàlisi de les entrevistes realitzades a docents.....  | 12 |
| 4.2. Anàlisi dels avantatges i inconvenients del tall làser com a recurs didàctic ...               | 13 |
| 4.2.1. Competències extra que es treballa amb el tall làser.....                                    | 14 |
| 4.2.2. Factors rellevants a tenir en compte en el desenvolupament de projectes amb tall làser ..... | 14 |
| 4.3. Formació per al docent sobre la tècnica de tall làser .....                                    | 15 |
| 4.3.1. Funcionament de la màquina de tall làser.....  | 15 |
| 4.3.2. Parts de la màquina .....  | 15 |
| 4.3.3. Paràmetres importants a definir .....  | 17 |
| 4.3.4. Tècniques: tall, gravat i marcat .....   | 19 |
| 4.3.5. Materials.....   | 20 |
| 4.3.6. Software .....   | 21 |
| 4.3.7. Abast de la tècnica de tall làser.....   | 22 |
| 4.3.8. Mesures de seguretat.....  | 24 |
| 4.4. Equipament propi del centre educatiu.....  | 24 |
| 4.5. Equipament extern al centre educatiu .....   | 25 |
| 4.5.1. Ateneus de fabricació .....  | 25 |
| 4.5.2. FabLABs.....   | 27 |
| 4.5.3. Altres espais “ <i>Maker</i> ” .....   | 28 |
| 4.5.4. Events: Barcelona Maker Faire .....  | 28 |
| 4.6. Modalitats de projectes .....  | 28 |
| 4.6.1. Modalitat de projectes interdisciplinaris.....   | 29 |
| 4.6.2. Modalitat de projectes per encàrrec .....  | 31 |
| 4.6.3. Modalitat de projectes d'aprenentatge i servei .....   | 32 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4.7. Proposta de projecte genèric .....</b>                                   | <b>32</b> |
| 4.7.1. Justificació de l'assignació del projecte de tall làser en 2n d'ESO ..... | 33        |
| 4.7.2. Continguts normatius de 2n d'ESO de Tecnologia .....                      | 33        |
| 4.7.3. Programació del projecte genèric.....                                     | 33        |
| 4.7.4. Metodologia de treball .....  | 34        |
| 4.7.5. Organització de l'alumnat.....  | 35        |
| 4.7.6. Atenció a la diversitat .....   | 35        |
| 4.7.7. Programació d'aula: Seqüenciació i temporització.....                     | 36        |
| 4.7.8. Recursos necessaris .....   | 37        |
| 4.7.9. Risc de l'activitat.....  | 37        |
| 4.7.10. Avaluació.....   | 37        |
| <b>4.8. Implementació d'un projecte específic.....</b>                           | <b>38</b> |
| 4.8.1. Descripció del projecte Microscopi.....                                   | 38        |
| 4.8.2. Competències bàsiques i específiques treballades .....                    | 38        |
| 4.8.1. Programació del projecte Microscopi .....                                 | 39        |
| <b>5. Conclusions .....</b>  | <b>43</b> |
| <b>6. Bibliografia .....</b>   | <b>44</b> |
| <b>7. Webgrafia .....</b>  | <b>45</b> |

## Figures

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Esquema de tipologies de fabricació digital.....  | 9  |
| Figura 2. Tall làser: a) Màquina model Laser Fusion 60W de Epilog, .....  | 10 |
| Figura 3. a) Impressora 3D model BCN3D+ de BCN3D Technologies b) Impressió d'un objecte .....   | 11 |
| Figura 4. Esquemàtic dels components essencials d'un làser. ....  | 16 |
| Figura 5. Sistema òptic i eixos X-Y d'una màquina de tall làser BCN3D IGNIS. ....   | 17 |
| Figura 6. a) Distància focal, b) Làser ben enfocat, c) Làser mal enfocat.....   | 18 |
| Figura 7. Panell estudi de tall, gravat, potència, velocitat i flexibilitat. Font: FabLAB Alacant.  | 19 |
| Figura 8. Fases del tall làser.....   | 22 |
| Figura 9. Màquina de tall làser BCN3D model Ignis .....   | 25 |
| Figura 10. Màquina de tall làser Full Spectrum LASER model H-Series 20x12 .....   | 25 |
| Figura 11. Projectes i maquinària de l'Ateneu de Fabricació de Ciutat Meridiana .....   | 27 |
| Figure 12. Espai i maquinària del FabLAB Barcelona-IAAC.....  | 27 |
| Figura 13. Logo del Barcelona Maker Faire 2018.....   | 28 |
| Figura 14. a) Pantalla ordinador amb els paràmetres de màquina. Imatge pròpia. b) Col·locació del DM. Imatge pròpia. c) Procés de tall. Imatge pròpia. d) Peces tallades. Imatge pròpia. e) Microscopi muntat f) Mostres. Font: Curedbio..... | 42 |



## Taules

|   |    |
|---|----|
| Taula 1. Anàlisi DAFO dels avantatges i inconvenients del tall làser com a recurs didàctic .. | 13 |
| Taula 2. Fonts làser més comuns que es fan servir en màquines de tall làser .....             | 16 |
| Taula 3. Operacions de les màquines de tall làser .....                                       | 19 |
| Taula 4. Llistat de materials .....   | 20 |
| Taula 5. Quadre comparatiu entre una màquina de tall làser estàndard i de sobre taula .....   | 24 |
| Table 6. Modalitat de projectes interdisciplinaris .....                                      | 29 |
| Taula 7. Modalitat de projectes per encàrrec.....   | 31 |
| Taula 8. Modalitat de projectes d'aprenentatge i servei .....                                 | 32 |
| Taula 9. Seqüenciació i temporització del projecte.....                                       | 36 |
| Taula 10. Taula de materials necessaris per al projecte de Microscopi .....                   | 39 |
| Taula 11. Seqüenciació i temporització del projecte de Microscopi .....                       | 40 |

## Llista d'abreviacions

|        |   |
|--------|---|
| CNC    | Control numèric per ordinador (en anglès Computer Numerical Control), també Control Numèric Continu.                            |
| RP     | Prototipatge ràpid (en anglès <i>Rapid prototyping</i> ).   |
| STEAM  | Ciència, Tecnologia, Enginyeria, Arts i Matemàtiques (en anglès <i>Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics</i> ). |
| MIT    | <i>Massachusetts Institute of Technology</i> .  |
| FabLAB | Laboratori de Fabricació (en anglès <i>Fabrication Laboratory</i> ).  |
| ESO    | Ensenyança secundària obligatòria.  |
| 2D     | Dues dimensions.  |
| 3D     | Tres dimensions.  |

## 1. Introducció

Educadors i pedagogs de moltes cultures educatives diferents han vist en la fabricació digital una potent eina d'aprenentatge [1]. La fabricació digital pot ser definida com el conjunt de tecnologies que per mitjà de màquines controlades per un ordinador permeten produir objectes físics a partir de dissenys computacionals. Les noves tecnologies de fabricació digital tenen un enorme potencial didàctic i una forta vinculació amb les matèries STEAM (de l'anglès, Ciència, Tecnologia, Enginyeria, Arts i Matemàtiques) i el *moviment Maker* [2].

Aquest treball té com a propòsit l'estudi i la valoració de la fabricació digital amb tall làser com a recurs didàctic per a l'aprenentatge per a l'alumnat de 2n d'Educació Secundària Obligatòria (ESO). El treball està estructurat en cinc apartats. El segon apartat descriu quin és el context del problema i és defineixen els objectius. El tercer apartat està dedicat al marc teòric on es defineix què és la fabricació digital i quina ha sigut l'evolució històrica.

El quart apartat s'analitzen els resultats de les entrevistes realitzades als docents que han fet servir el tall làser com a recurs didàctic i altres que no ho han fet servir. S'identifiquen els avantatges i els inconvenients que té el tall làser com a recurs didàctic. Es dona resposta a la formació del docent. A més a més, es presenta els principals espais de fabricació digital de Barcelona i les seves característiques, donant resposta així al repte de la manca d'infraestructura en el centre educatiu. Es presenten tres modalitats de possibles projectes, i seguidament es descriu una proposta de projecte genèric i una altra d'específic. El cinquè i últim apartat analitza les conclusions del treball.

***M'ho van explicar i ho vaig oblidar;  
ho vaig veure i ho vaig entendre;  
ho vaig fer i ho vaig aprendre.***

***Confuci, pensador xinès.***

## 2. Definició, context del problema i objectius

Malgrat els beneficis que pot aportar la fabricació digital amb tall làser, encara són pocs els docents que posen en marxa activitats d'aquest caire. Segons les conclusions de la recerca realitzada en aquest treball, els factors actuals que dificulten la implantació d'aquesta activitat docent es poden resumir en (veure apartat 4.1.):

- Escassa formació del professorat en tall làser
- Manca de coneixement sobre l'abast de la tècnica i les seues aplicacions
- Manca d'equipament en el centre educatiu o no disposar d'un Ateneu de Fabricació o FabLAB proper

L'objectiu general del present Treball Final de Màster és el disseny i valoració de la possible implantació de noves activitats docents centrades en la fabricació digital amb tall làser com a recurs didàctic per a l'aprenentatge. Com aquest objectiu és molt ampli, i un estudi global cauria fora de les possibilitats i l'abast d'aquest escrit, el treball es centrarà, en concret, en la possibilitat d'introduir el tall làser en 2n d'ESO.

D'altra banda, els objectius específics que es volen assolir es poden resumir en els següents sis punts:

1. Avaluar els avantatges i inconvenients de realitzar un projecte amb tall làser a 2n d'ESO.
2. Facilitar al docent els continguts bàsics per a la seva formació en tall làser.
3. Proposar solucions o alternatives a la manca d'infraestructura en els centres educatius pel que fa a aquesta tecnologia.
4. Identificar els beneficis que aporta entrar en contacte amb els espais de fabricació digital FabLAB i Ateneus de fabricació, on es potencia l'actitud "*maker*" i treball col·laboratiu.
5. Proposar diferents projectes a realitzar amb tall, gravat o marcat làser. Es presentaran varies modalitats de projecte entre les quals el docent podrà escollir el projecte que millor s'adapti a les necessitats del seu alumnat.
6. Desenvolupar el disseny d'un projecte de forma genèrica que englobi totes les modalitats presentades i per últim, definir un projecte específic.

### 3. Marc de referència

#### 3.1. La fabricació digital en l'educació

La fabricació digital pot ser definida com el conjunt de tecnologies que per mitjà de màquines controlades per un ordinador amb control numèric (CNC) permeten produir objectes físics a partir de dissenys computacionals. Per a generar un objecte, les màquines reben la informació geomètrica d'un model digital bidimensional o tridimensional des d'un ordinador. Seguidament, es defineixen una sèrie de paràmetres en un programa que controla la màquina. La màquina fabrica elements físics per procediments d'addició o subtracció de material a través d'una àmplia varietat de tècniques, materials i acabats. Però, com diu Gershenfeld, director del Centre de Bit i Àtoms del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), la veritable revolució de fabricació digital no és tracta d'una manufactura additiva versus subtractiva, sinó de la possibilitat de convertir les dades en coses i coses en les dades [3].

En l'àmbit de l'educació, la fabricació digital pot fer-se servir com una potent eina d'aprenentatge. Per una banda, és necessari l'ús d'ordinadors, programari de dibuix dues dimensions (2D) o tres dimensions (3D), llenguatges de programació específics per a CNC, i a més a més, conèixer i entendre la tecnologia que es fa servir en la fase de fabricació d'objectes o peces. Per tant, l'alumne/a pot arribar a desenvolupar al màxim les seves habilitats en l'ús i control de noves tecnologies de fabricació com a usuaris.

Per l'altra banda, la realització d'un projecte de fabricació digital és l'escenari idoni per fer ús de la metodologia d'Aprenentatge Basat en Projectes (ABP) i d'Aprenentatge i servei (ApS), que desenvolupi les habilitats socials de l'alumne/a i del grup.

El procés de dissenyar i fabricar un objecte, proporciona a l'alumne/a nous coneixements. Aquest mètode d'aprenentatge és basa en el concepte *Learning by doing* Dewey. En altres paraules, es podria explicar com l'ensenyament orientat a la pràctica per al desenvolupament de competències tècniques i transversals [4]. Sent l'alumnat el protagonista del disseny i fabricació de l'objecte, s'activa una forta motivació i vinculació cap al projecte. D'aquesta manera, s'aconsegueix un aprenentatge significatiu gràcies a la satisfacció obtinguda. L'aprenentatge actiu requereix d'un entorn pedagògic més transversal, ja que completar els projectes requereix de coneixements matemàtics, electrònics, artístics, etc.

Si no hi ha un canvi de tendència, sembla que la fabricació digital tindrà cada vegada més pes en les feines del futur i en la vida en general. Sembla, per tant, necessari una incorporació progressiva de la fabricació digital en els temaris educatius. Segons Blikstein l'objectiu final no és el coneixement de les eines. Sinó una incorporació de la fabricació digital significativa i centrada en la investigació, creativitat i innovació [5].

#### 3.2. Orígens de la fabricació digital, moviment “Maker” i “Open source”

Els orígens de la fabricació digital es remunten a 1952, quan investigadors del MIT, van connectar una computadora digital a una fresadora [3]. D'aquesta manera crearen la primera màquina controlada numèricament mitjançant un programari informàtic. Aquestes màquines han sofert una gran transformació i evolució tecnològica al llarg de les dècades i el seu cost ha anat abaratint-se. Però, no serà fins el començament dels anys 2000 quan van ser accessibles també per a universitats, grups d'investigació i empreses petites. A més de l'abaratiment de la tecnologia que les feia possibles, també va tenir un gran impacte l'ús de codi obert, que la va fer encara més accessible [3].

Es durant aquesta època quan es va introduir el concepte del Laboratori de Fabricació o FabLAB, de l'acrònim de l'anglès *Fabrication Laboratory*. Els FabLABs tenen els seus inicis també al MIT, on el professor Gershenfeld (*National Science Foundation*) va crear el curs “*How to Make Almost Anything*”, que es centrava en la fabricació d'objectes físics a partir de la informàtica. L'enorme èxit d'aquesta iniciativa va desencadenar la creació dels FabLABs que tenien per objectiu trobar nous usos a la fabricació digital [3].

Paral·lelament a la creació dels primers FabLABs, apareix un nou moviment anomenat “*Maker*” que pot ser definit segons Lee Martin com “Una classe d’activitats centrades en el disseny, construcció, modificació i/o reutilització d’objectes materials, per a fins lúdics o útils, orientats a fer un producte d’algun tipus que es pugui utilitzar, interactuar o demostrar” [2]. És amb la creació dels FabLABs que aquest moviment pren més força i evoluciona amb diferents formes i característiques (*making*: construcció d’objectes mitjançant eines de fabricació digital, *tinkering*: exploració i experimentació a partir dels materials, *hacking*: més vinculat amb les pràctiques de programació, etc.) [2]. El moviment “*Maker*” agafa el seu nom de la revista *Make Magazine* que es fa fundar en el 2005 i la primera fira *Maker Faire* en el 2006 [2]. Encara que té el seu origen allunyat de l’escola, molts pedagogs i educadors tenen un interès creixent en introduir aquest moviment també en l’educació. Aquests educadors segueixen una cultura educativa sorgida de principis del segle XX i argumenten que els joves poden aprendre construint eines i objectes interessants, i que per tant, és la creació que fomenta l’aprenentatge Fröbel (1885) Dewey (1902), Montessori (1917), Piaget (1950), Freire (1970), Papert (1980) [1].

### 3.3. Tipologies de fabricació digital

Els equips de fabricació digital es classifiquen en dos tipologies segons el mètode amb el qual es fabriquen les peces: additiva o substractiva (veure figura 1). Per una banda, la fabricació substractiva es un procés de fabricació que implica l’extracció de material, bé per tall o per desbast, per a generar la peça final. Es parteix d’un taulell de fusta, plàstic, cartró o un bloc de metall o fusta i s’elimina el material sobrant fins a produir l’objecte o peça desitjada. Per l’altra banda, els processos additius són exactament a l’inrevés. Els objectes es creen afegint capes de material, les quals es van adherint successivament, fins a generar l’objecte o peça dissenyada.

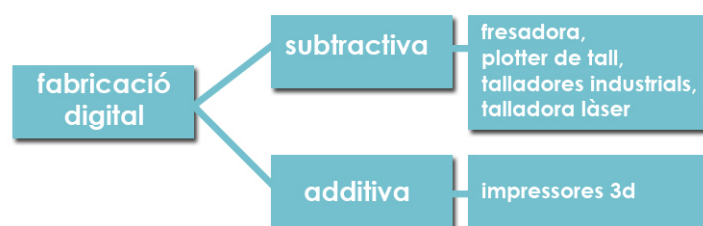


Figura 1. Esquema de tipologies de fabricació digital.

Avui en dia s'utilitza molt tant la fabricació digital substractiva com la additiva per a la creació de prototipatge ràpid (RP). EL prototipatge ràpid és un model o maqueta que pot estar a escala o a mida real d'un objecte que permet als dissenyadors industrials, enginyers, experts en màrqueting etc. estudiar els possibles errors, deficiències, també la resistència, el gust del públic o del consumidor, etc. abans de produir massivament l'objecte definitiu.

Com diu García Alvarado, molts cops es vinculen els equips de control numèric (CNC) amb la fabricació digital substractiva i s'associen a les màquines de prototipatge ràpid (RP) amb la fabricació digital additiva, però no és correcte perquè totes les màquines de fabricació digital es controlen numèricament i totes poden produir prototips ràpids [6].

#### 3.3.1. Fabricació digital substractiva

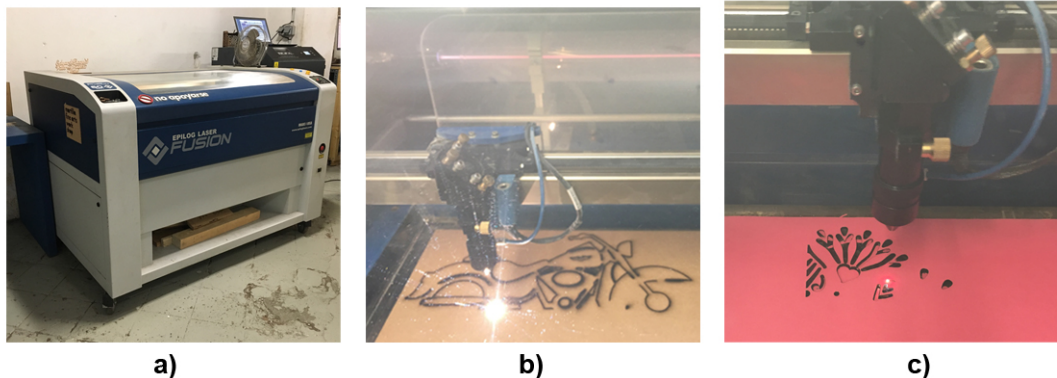
Les màquines de fabricació substractiva es desplacen per control numèric (CNC) i produeixen peces per eliminació gradual del material, bé sigui mitjançant talls o desbast, fent servir fulles metàl·liques, làser, broques o xorro d'aigua. Els paràmetres més importants a definir són la potència i velocitat de tall, com també el gruix de material.

Els sistemes de fabricació digital substractiva més importants són:

1. **Fresadora:** Composta per un capçal amb moviment de rotació, eines de tall o perforació intercanviables i una taula on és fixa la peça que en ocasions també té

llibertat de moviment en algun eix. Els materials que s'utilitzen habitualment són els blocs metàl·lics, fustes o plàstics.

2. **Plotter o traçador de tall:** desplacen una fulla metàl·lica en un eix amb rotors que desplacen el material en sentit oposat, aconseguint realitzar talls amb forma recta o corba. Es fan servir principalment per al tall de papers, cartons o vinils permetent realitzar siluetes.
3. **Talladores industrials per flux de plasma o xorro d'aigua:** Aquest tipus de talladores es basen amb tecnologies molt diferents. En el cas del tall per flux de plasma calent, els materials que es poden tractar han de ser materials elèctricament conductors. Els materials típics tallats amb plasma són l'acer, acer inoxidable, alumini, llautó i coure, encara que també es poden tallar altres metalls conductors. Un tallador d'aigua és capaç de tallar una gran varietat de materials utilitzant un raig d'aigua d'alta pressió, o una barreja d'aigua i una substància abrasiva.
4. **Talladora làser:** Permet el tall de diferent tipus de material mitjançant l'enfocament d'un raig làser d'alta potència en el material que es vaporitza. (veure figura 2). Les principals aplicacions de la màquina de tall làser són el prototipatge ràpid, la moda, les maquetes d'arquitectura, els mobles, els objectes, les joies i la personalització.



**Figura 2. Tall làser: a) Màquina model Laser Fusion 60W de Epilog, b) Tall de DM, c) Tall de paper**

### 3.3.2. Fabricació digital additiva

La fabricació digital additiva és un procés de fabricació per addició de material d'un objecte sòlid mitjançant la superposició de capes consecutives de material a partir d'un model digital aportant material solament allà on cal, fins a aconseguir la geometria desitjada.

Aquesta tècnica permet la fabricació de geometries molt complexes, facilita la personalització d'objectes i la fabricació de poques unitats a baix cost que és de gran ajuda per a una producció en fase de prototipatge. A més a més, el principal avantatge d'aquesta tècnica en comparació a les tècniques de fabricació subtractives és el fet de que no hi ha pèrdua de material (tan sols es fa servir el material necessari per a la fabricació de la peça) i que per tant la generació de residus és mínima o inexistent.

Actualment, l'únic sistema de fabricació digital additiva que existeix són les impressores 3D i el format d'arxiu 3D que s'utilitza és el ".stl" que en un futur pròxim es canviarà a ".3mf".

Les principals aplicacions de la Impressió 3D es donen en els àmbits de l'automoció, medicina, aviació, aeroespacial, arquitectura, joieria i moda.

Els tipus d'impressores 3D es poden classificar segons el material base que fan servir:

#### Material base: líquid

1. **Stereolithography (SLA)** o Estereolitografia (SLA): Aquesta va ser la primera tecnologia de impressió 3D en inventar-se.
2. **Direct light processing (DLP)**

3. Multi jet wax deposition
4. Inkjet o Poly jet modelling.

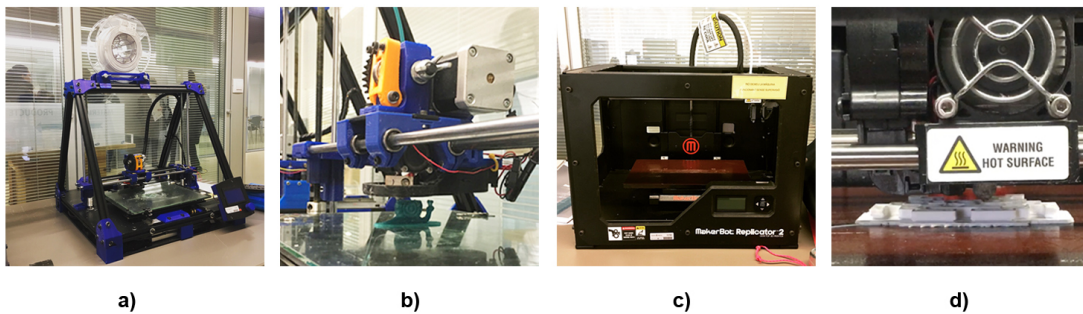
#### Material base: sòlid

1. Fused Deposition Modeling (FDM) o Modelat per deposició fosa (FDM) (figura 3)
2. Laminated Object Manufacturing (LOM)

#### Material base: pols

1. Selective laser sintering (SLS) o Sinterització selectiva per làser (SLS)
2. Direct metal laser deposition (DMLS)
3. Atomic diffusion additive manufacturing (ADAM)
4. Laser metal deposition (LMD)

**Multi Jet Fusion (MJF) Technology de la marca HP:** No està en cap de les categories anteriors perquè treballa amb una àmplia gamma de materials, combinació de materials i fins i tot de qualitat d'acabats. Aquesta impressora té un gran control del "voxel" impresos (equivalent al píxel en 2D), es poden determinar qualitats dels materials com els colors, les textures i les característiques d'elasticitat i conductivitat.



**Figura 3.** a) Impressora 3D model BCN3D+ de BCN3D Technologies b) Impressió d'un objecte  
c) Impressora model Replicator 2 de MakerBot d) Impressió d'un objecte



## 4. Descripció de la solució proposada

En aquesta apartat es presenten els recursos necessaris per a què el professorat inclogui un projecte de tall làser a 2n d'ESO. Aquest recursos inclouran un suggeriment de formació per al docent, una proposta d'infraestructures externes al centre on poder fer servir la màquina de tall làser i un conjunt de possibles projectes a fabricar dividit en tres tipologies. A més a més, es presenta el desenvolupament d'un projecte genèric i el d'un projecte específic.

Per a poder fer aquestes propostes amb coherència, primer s'han estudiat quins són els avantatges i inconvenients de la utilització de la fabricació digital amb tall làser. Amb aquest fi s'ha consultat la bibliografia existent i s'han realitzat entrevistes a professorat en actiu. S'han elaborat dos modalitats d'entrevistes. Una per al docent que sí ha realitzat algun projecte amb tall làser per valorar la seva experiència, quines competències assoleix l'alumnat, quines millores calen fer per estendre el seu ús, etc. L'altra modalitat serà per al docent que no ha fet cap projecte de tall làser amb el seu alumnat, per tal de saber si estaria interessat en fer-ho o no, i en cas afirmatiu preguntar quins han estat els impediments que s'ha trobat per a no dur-ho a terme.

### 4.1. Anàlisi de les entrevistes realitzades a docents

Per tal de conèixer de primera mà l'opinió de docents respecte de la fabricació digital amb tall làser, s'ha realitzat cinc entrevistes via correu electrònic en que els docents han hagut de respondre una sèrie de preguntes que tracten dels següents temes (veure annexa):

- Formació del docent sobre la tècnica de tall làser
- El tall làser com a recurs didàctic
- Motivació i dificultats de l'alumnat
- Infraestructura pròpia o externa
- Projecte realitzat, metodologia i resultats d'aprenentatge

Pel que fa als professors que sí que han realitzat projectes amb tall làser, s'exposa a continuació quines són les conclusions més importants que es poden extreure de les seves respostes.

1. Els docents consideren que la fabricació digital amb tall làser és un bon recurs didàctic. Afirmen que és un recurs didàctic útil perquè posa en pràctica moltes de les competències bàsiques i posen èmfasi en l'aprenentatge que comporta el fabricar un producte.
2. El major inconvenient per a dur a terme el projecte amb tall làser és la dificultat en accedir a les màquines. Com també, ajustar el temps disponible a les necessitats del projecte. A més, coordinar la disponibilitat horària amb els Ateneus de Fabricació.
3. Els docents són coincidents en valorar que l'alumnat va mostrar interès durant el desenvolupament del projecte. A més a més, l'alumnat va mostrar un alt nivell de satisfacció i gran motivació amb el resultat final.
4. El procediment que va resultar més difícil d'assolir per part de l'alumnat va ser la fase disseny.
5. En el desenvolupament dels projectes es va fer servir la metodologia d'aprenentatge basat en projectes, la d'aprenentatge i servei. A més, es va treballar en grups heterogenis.
6. L'alumnat va assolir la tècnica del tall làser, va entendre les diferències entre fabricació artesanal, industrial i digital. L'alumnat també va aprofundir en el coneixement dels materials i de les seues propietats, i va despertar la curiositat de l'alumnat sobre les eines de fabricació digital en general. Tanmateix, hi ha opinions contràries respecte de si l'alumnat va assolir els conceptes de control numèric i conceptes relacionats amb la tècnica com la llum làser, potència i distància focal.
7. Els docents consideren que per fomentar el tall làser com a recurs didàctic s'hauria de facilitar l'accés a la maquinària, així com també fomentar la formació del professorat sobre la tècnica i en disseny assistit per ordinador.

D'igual manera, pel que fa als professors que no han realitzat projectes amb tall làser es poden extraure conclusions importants.

1. Els motius que justifiquen que els docents no han fet servir la tècnica de tall làser són: A) El centre no disposa de màquina de tall làser. B) No hi ha disponible un FabLAB o Ateneu de fabricació proper que sigui fàcil accedir. C) Falta de formació del professorat i/o temps que el docent necessita per familiaritzar-se amb la tècnica del tall làser. D) El currículum d'ESO de la matèria de tecnologia no inclou explícitament el tall làser. E) Disminució de projectes de construcció a secundària perquè hi ha menys hores de taller. F) L'alt preu del material.
2. Els docents consideren que el tall làser és un recurs didàctic útil perquè: A) Es pot produir objectes reals de forma senzilla i eficient. B) Permet l'aplicació de coneixements interdisciplinaris. C) Estalvi de material i temps gràcies a l'efectivitat de la tècnica. D) Es pot dur a terme tot un procés de disseny, fabricació i millora.
3. Els docents mostren interès per formar-se amb la tècnica de tall làser, però alguns desconeixen el programa pedagògic de l'Ateneu de Fabricació (conjuntament amb el consorci), i/o el programa FabLearn LABs dels FabLABs.
4. Encara que no han fet servir aquesta tècnica en particular, els docents consideren que el projecte amb tall làser motivaria a l'alumnat per la rapidesa en obtenir el resultat, pels acabats, que són estètics i polits, i pel repte que significaria per a l'alumnat el fer servir una màquina complexa.

En general els docents presenten opinions diverses respecte la possibilitat d'implementar un projecte de fabricació digital amb tall làser en 2n d'ESO. Els arguments a favor es poden resumir en els següents punts: 1) L'alumnat té suficients coneixements en geometria, escales i unitats de mesura, i és una bona manera de posar-los en pràctica. 2) L'alumnat de 2n d'ESO ja ha treballat amb sistemes de tall de fusta manuals i per tant és apropiat treballar amb un sistema de tall digital. 3) L'alumnat assoleix la importància del dibuix tècnic ja que veu una utilitat.

Per l'altra banda, els arguments en contra es poden resumir en: 1) Per a què l'alumnat pugui realitzar els seus propis dissenys, es necessari que tingui un nivell superior en coneixements del programari del disseny assistit per ordinador. 2) La dedicació horària a la fase de dibuix seria tan elevada que tan sols es viable la realització del projecte en 2n d'ESO si es coordina a la matèria de dibuix.

## 4.2. Anàlisi dels avantatges i inconvenients del tall làser com a recurs didàctic

Per tenir una visió més completa de les avantatges i inconvenients del Tall làser com a eina d'aprenentatge realitzem un anàlisi de les Debilitats, Amenaces, Fortaleses i Oportunitats (DAFO). Diferenciarem entre els factors interns (fortaleses i debilitats) de la proposta i els factors externs (Oportunitats i Amenaces).

**Taula 1. Anàlisi DAFO dels avantatges i inconvenients del tall làser com a recurs didàctic**

| Fortaleses (intern al centre educatiu)   | Debilitats (intern al centre educatiu)  |
|--|---|
| Mètode <i>Learning by doing</i> .  | Manca d'infraestructura en el centre.   |
| Habilitats TIC (software dibuix i màquina)   | Manca de coneixement sobre l'abast de la tècnica.   |
| Habilitats socials (treball col·laboratiu)   | Inseguretat de l'alumnat (falta de coneixement tècnics).  |
| Forta vinculació a les matèries STEAM (de l'anglès, Ciència, Tecnologia, Enginyeria, Arts i Matemàtiques). | Manca de formació del professorat en el procés i les eines que formen part del procés de la fabricació digital. |
| Interdisciplinariat de projectes amb altres assignatures.  |   |

|  |   |
|--|---|
| Possibilitat de treballar eines digitals i l'aprofundiment de l'estudi dels materials. |   |
| Alta motivació de l'alumnat.   |   |
| <b>Oportunitats (extern al centre educatiu)</b>  | <b>Amenaces (extern al centre educatiu)</b>                               |
| Conèixer espais "maker"  | Coordinar la disponibilitat horària amb l'Ateneu de fabricació i/o FabLAB |
| Documents <i>Open-source</i>   |   |
| Fabricació local   |   |

#### 4.2.1. Competències extra que es treballa amb el tall làser

El Tall làser com eina d'aprenentatge ens ofereix una gran quantitat de competències extra que ens aporta aquesta tècnica:

- Programari de dibuix 2D
- Programari de la màquina
- Tall, gravat, marcat
- Control de paràmetres de fabricació com: velocitat, potència, freqüència
- Materials: gruix i propietats
- Realització de geometries més complexes gràcies al nous programaris de dibuix i processos de fabricació
- Compartir coneixement i informació de forma global
- El pensament digital darrere de l'objecte fabricat
- Làser (CO<sub>2</sub>) font d'energia
- Concepte de control numèric CNC

#### 4.2.2. Factors rellevants a tenir en compte en el desenvolupament de projectes amb tall làser

Com introdueix, Paulo Blikstein Professor adjunt, Escola de Postgrau d'Educació, Universitat de Stanford, cal evitar l'anomenat "*Keychain Syndrome*" (síndrome del clauer) que es dona quan l'alumne/a realitza un objecte estèticament molt bonic amb poc temps i poc esforç. Aquest fet provoca a l'alumne/a un efecte contrari al desitjat, que és que l'alumne/a valori més el producte final acabat que l'etapa de disseny i procés de fabricació. En aquest cas l'alumnat concep el laboratori més com una simple fàbrica d'objectes que com a un espai d'invenió. Com a docents hem d'evitar objectes purament estètics de demostració ràpida. Hem de proposar projectes que suposen un repte per a l'alumnat [5].

Un altre punt important a tenir en compte és la gestió d'emocions de l'alumnat. També segons Blikstein [5], l'alumnat pot experimentar un fort sentiment de frustració si el resultat de la fabricació no és l'esperat. El docent ha d'ajudar a gestionar aquesta frustració, fent-los entendre que el projecte pot passar per diversos cicles de disseny i nivells de dificultat, però que l'aprenentatge està en el procés i no en el resultat final.

El professorat en general ha de veure en la fabricació digital un lloc de trobada, on es puguin donar projectes interdisciplinaris on els límits entre matèries es difuminen i s'enriqueixen mútuament, creant un entorn intel·lectual més divers. En particular, la fabricació digital està molt lligada a l'aprenentatge del conjunt de les matèries STEAM. Per tant, l'alumnat té l'oportunitat de relacionar continguts de varies d'aquestes matèries i de posar en pràctica conceptes teòrics estudiats, com per exemple en el cas d'estructures, matemàtiques, geometria, escala, etc.

En un projecte de tall làser, l'alumnat aporta el seu coneixement manual anterior, après al taller de tecnologia, amb manualitats, etc. [5]. Durant el projecte l'alumet comparteix el seu saber fer amb la resta de companys/es i a la vegada l'incrementa, aprenent uns dels altres i treballant en grup. D'aquesta manera l'alumnat millora la seva competència social.

Es parla molt de la tècnica i dels documents *open-source*, però segons Dougherty és tracta poc de el tema que ell anomena "joc experimental" [7]. El joc, la diversió i l'interès són la base de la creació. Els projectes lúdics tenen una component motivadora que es vincula amb un gran ventall de beneficis educatius, incloent la persistència davant imprevists o problemes que es presenten al llarg del desenvolupament del projecte [2].

Tot i el gran potencial didàctic que té el tall làser i el "*making*" en educació, s'ha de tenir molt present unes paraules de Seymour Papert, quan afirmava que "el poder real de qualsevol tecnologia no es troba en la tècnica mateixa ni en l'atractiu que genera, sinó en les noves formes d'expressió personal que permet, les noves formes d'interacció humana que facilita i les idees potents que fa accessible als adolescents" [8].

### 4.3. Formació per al docent sobre la tècnica de tall làser

Aquest apartat té per objectiu presentar de manera resumida i entenedora conceptes bàsics sobre la màquina de tall làser per a facilitar al docent una visió global sobre aquesta eina de fabricació digital i dotar-li d'un conjunt de nocions bàsiques sobre la màquina, abasts de la tècnica, paràmetres, materials, software, aplicacions, etc.

#### 4.3.1. Funcionament de la màquina de tall làser

La tecnologia de tall làser es basa amb la mecanització de peces mitjançant l'ús d'un làser d'alta potència el feix del qual es dirigit i concentrat en la superfície del material a tractar permetent realitzar operacions de tall, gravat o marcat. La font làser es troba normalment en la part posterior de les màquines de tall làser. El feix làser es dirigit mitjançant l'ús de miralls que reflecteixen el feix cap a una sèrie de lents que s'encarreguen de concentrar la llum a la zona desitjada. L'elevada densitat d'energia tèrmica provocada no pot ser dissipada produint la volatilització del material, en el cas de l'operació de tall.

Les màquines de tall làser sostrauen el material mitjançant el tall. El procés de tall és considerada una de les operacions bidimensionals més freqüents en la fabricació en general.

En la màquina de tall làser, es genera d'un feix de llum d'alta intensitat, habitualment provinent d'un làser de CO<sub>2</sub>, i compta amb un sistema de tres miralls de reflexió d'alta precisió i una lent d'enfocament convergent per dirigir el làser a la planxa/làmina de material que es vol mecanitzar sense tenir contacte directe amb el materials i desplaçant-se al llarg de direccions perpendiculars, és a dir, en l'eix X i Y. Aquesta tecnologia optimitza els processos de tall, perforat, ranurat, gravat i marcat.

El capçal del raig làser està dirigit per una màquina CNC i genera una peça segons el fitxer 2D o imatge.

Les màquines de tall làser requereixen d'un ordinador, software de control, potència, i sistema de ventilació. És recomanable disposar d'un petit emmagatzematge per guardar materials i un extintor a mà com a mesura de seguretat addicional.

#### 4.3.2. Parts de la màquina

##### El làser

La paraula "Làser" és un acrònim de l'anglès (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) que es pot traduir per "Llum amplificada per emissió de radiació estimulada". Per tant, el terme làser ja ens parla del seu principi d'operació, que explota l'emissió estimulada d'àtoms o ions excitats. Els dos components essencials dels quals està format un làser són: un ressonador òptic, format per dos miralls (un d'ells semitransparent que permet la sortida de llum), i un medi amb guany que es localitza a dintre del ressonador (veure figura 4). Aquest medi amb guany requereix d'un subministrament extern d'energia que es coneix amb el nom de "bombeig". Aquest bombeig es pot donar mitjançant la injecció de llum (bombeig òptic) o d'un corrent elèctric (bombeig elèctric). La llum òptica durant la seua recirculació a dintre del ressonador és amplificada gràcies al principi d'emissió estimulada.

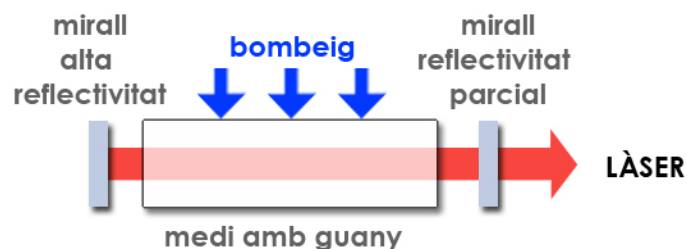


Figura 4. Esquemàtic dels components essencials d'un làser.

El funcionament de les màquines de tall làser que hi ha en el mercat en sí és molt similar. La diferència ve donada pel tipus de làser que es fa servir donat que cada tipus de làser treballa a una longitud d'ona i un rang de potència específic. El tipus de làser ens determina les operacions que es poden realitzar, com també, els materials i els gruixos que es poden treballar.

#### Tipus de làsers més utilitzats

Les màquines de tall làser que es trobem actualment en el mercat utilitzen principalment un d'aquest tres tipus de làser [9]: A) Làser de diòxid de carboni. B) Nd:YAG o làser de granat d'itri i alumini dopat amb neodimi. C) Fibra òptica. La taula 2 mostra les principals característiques de les fonts de làser més comunes.

Taula 2. Fonts làser més comuns que es fan servir en màquines de tall làser

| TIPUS DE LÀSER        | LONGITUD D'ONA | DURABILITAT                     | APLICACIÓ  | CARACTERÍSTIQUES   |
|-----------------------|----------------|---------------------------------|--|--|
| <b>CO<sub>2</sub></b> | 10 µm          | 1.000-15.000 hores de treball   | Perforar, tallar, gravar, soldar, medicina.            | Pot tallar i gravar la majoria de materials.<br><b>Mirar taula de materials.</b> |
| <b>Nd-YAG</b>         | 1,06 µm        | 8.000 -15.000 hores de treball  | Tallar i gravar metalls i plàstics d'alta resistència. | Acabat del tall: rústic. Cantons s'han de polir.                                 |
| <b>Fibra òptica</b>   | 1,06 µm        | 80.000-100.000 hores de treball | Tallar i gravar metalls i plàstics d'alta resistència. | Acabat del tall: polit.<br>Precisió mil·limètrica                                |

Els làsers de major potència habitualment es fan servir a nivell industrial per tallar grans seccions de xapa metàl·lica o materials plàstics. Per contra, els làsers de menys potència, de tipus CO<sub>2</sub>, es fan servir per a tallar materials més primers, més tous i potencialment inflamables.

Els làsers de CO<sub>2</sub> són els tipus de làsers més utilitzats en les màquines de tall làser disponibles en espais de fabricació digital. La longitud d'ona del làser de CO<sub>2</sub> és de 10,6 micròmetres i per la seva baixa freqüència no és perjudicial per a la vista si no hi ha una exposició directa o a altes potències.

#### Sistema de coordenades

Es considera l'origen del sistema de coordenades la part superior esquerra de la zona de treball i està definit per l'eix X i Y.

- **Eix X i Y:** L'eix X permet moviments d'esquerra a dreta. En canvi, l'eix Y permet moviments dalt a baix. El capçal del làser es desplaça automàticament en el pla de treball pel moviment del les guies en l'eix X i Y (veure figura 5).
- **Eix Z o Pla de treball:** L'eix Z és l'alçada mesurada des de el pla de treball. El pla de treball és una malla metàl·lica tipus niu d'abella on es col·loca el material a tallar,

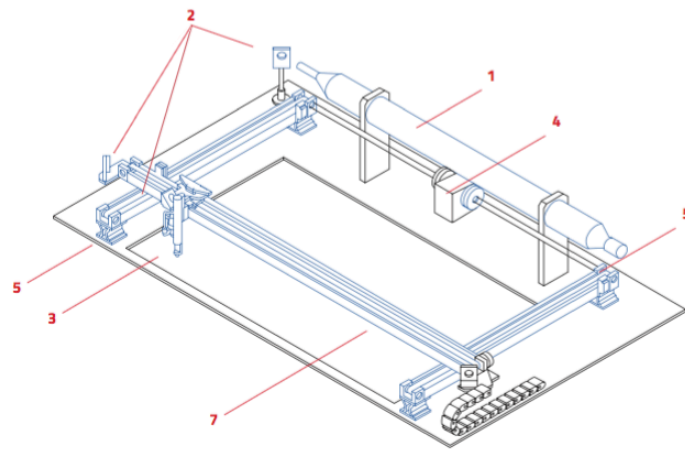
gravat o marcar. L'eix Z té un moviment vertical, és a dir el pla de treball pot pujar o baixar. L'objectiu es posicionar el material a tallar, marcar o gravar a l'altura correcta respecte el feix de làser segons el gruix del material amb la funció "Autofocus" de la màquina. (veure figura 5).

#### Sistema òptic

Està format pel tub, els miralls i la lent. La seva funció és orientar el feix de llum originada al tub làser que passa al llarg dels tres miralls fins arribar al capçal on està el punt focal de la lent amb una distància focal determinada.

#### Sistema de ventilació

Per tal d'evacuar la pols i d'eliminar els gasos/vapors nocius produïts mentre la màquina està en funcionament és necessari un sistema de ventilació amb accés directe a l'exterior de les instal·lacions. Compta amb un sistema d'aspiració mitjançant turbina, i entrades d'aire a la tapa de la màquina, creant així un flux d'aire continu de dalt a baix.



**Figura 5. Sistema òptic i eixos X-Y d'una màquina de tall làser BCN3D IGNIS.**

**Font: Manual BCN3D IGNIS**

Les principals parts són: 1) Tub làser. 2) Conjunt de miralls. 3) Capçal. 4) Motor eix Y. 5) Guies eix Y. 6) Motor eix X. 7) Guies eix X.

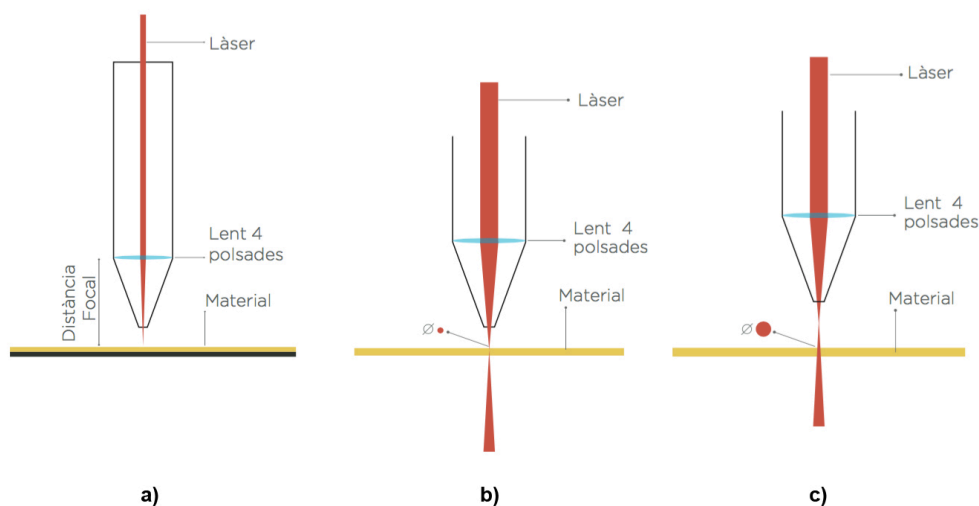
#### 4.3.3. Paràmetres importants a definir

Els paràmetres de la màquina de tall làser s'han d'ajustar sempre en funció de les propietats del material, el seu gruix, treball a realitzar i qualitat requerida.

##### Distància focal

La distància focal pot ser definida com la distància entre el centre òptic d'una lent i el punt on el feix té el mínim diàmetre. Cada cop que es canvia el gruix del material s'ha d'ajustar la distància focal (veure figura 6).

Una senyal de que les lents estan mal enfocades és quan les línies d'un marcat surten gruixudes o els punts dels cantons surten arrodonits.



**Figura 6. a) Distància focal, b) Làser ben enfocat, c) Làser mal enfocat.**

**Font: Curs sobre tall làser del Cibernarium en el Parc tecnològic de Barcelona**

### Potència

El paràmetre potència del làser ens defineix la quantitat d'energia que el làser aplica en la cara del material. Potser definida com la força o intensitat amb que el làser dispara. Amb una potència de làser alta es pot treballar materials més gruixuts i més durs, però cremarà els materials prims, tous o inflamables. Aquest paràmetre ve determinat per les propietats i gruixos dels materials (veure figura 7).

### La velocitat del capçal del làser

Pot ser explicada com de ràpid es mou el capçal del làser al llarg de l'àrea de treball. Amb una velocitat alta, tallarà amb menys temps però tal vegada no arribi a traspasar o tallar materials gruixuts o durs. Amb una velocitat de tall baixa, segur que a travessa el material però hi ha un major risc de cremar les cantonades o fondre la peça. Aquest paràmetre ve determinat per les propietats i gruixos dels materials, a més a més, per la qualitat del tallat requerida (veure figura 7).

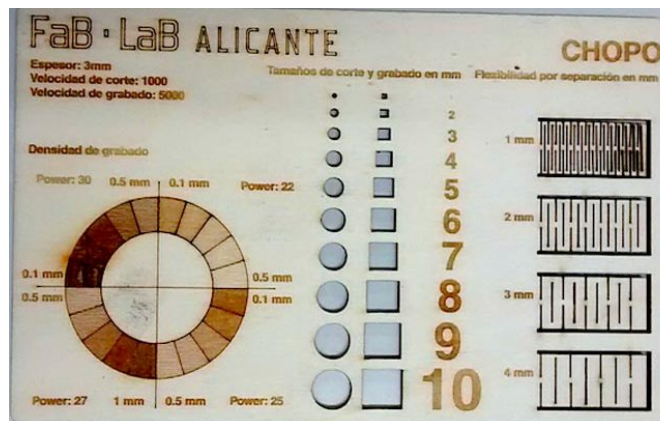
### Freqüència (només aplica a l'operació de gravat)

Determina la rapidesa amb què el làser es polsat durant l'operació de tall. Durant el procés de tall el làser s'encén i s'apaga ràpidament, amb una alta freqüència el tall serà més polit, però si el material és inflamable és millor una freqüència baixa per evitar que acabi cremant-se (veure figura 7).

### Resolució (només per a l'operació de gravat)

Determina la qualitat i resolució del gravat. Amb una resolució alta la imatge serà millor i més fosca, però si es concentra massa calor en una àrea concreta pot arribar cremar o fondre la peça en funció del material.





**Figura 7. Panell estudi de tall, gravat, potència, velocitat i flexibilitat. Font: FabLAB Alacant.**

El panell es un exemple visual de com segons els paràmetres establerts de potència, velocitat i freqüència s'aconsegueix diferents resultats. També mostra la mida de tall i gravat en mil·límetres. Com també, la flexibilitat aconseguida de la fusta segons la separació del tall en mil·límetres.

#### 4.3.4. Tècniques: tall, gravat i marcat

##### Tall

La tècnica de tall passant es produeix quan la font d'energia làser concentra el seu feix de llum en la superfície de treball seguint una trajectòria dels vectors. S'aconsegueix amb potència alta i velocitat baixa (veure taula 3).

Durant el procés de tall l'acció de l'energia tèrmica no arriba a danyar els materials per la calor degut a la seva precisió que fa que el dirigeixi sols al punt a tallar.

##### Gravat

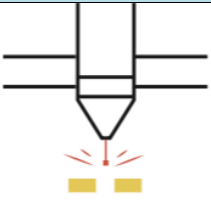
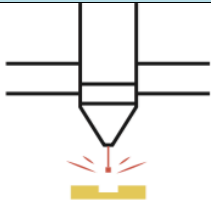
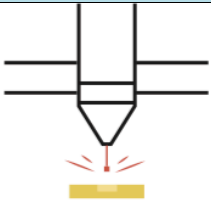
El gravat s'aconsegueix amb moviments ràpids de l'eix X. El làser crema la capa superior del material. Es pot aconseguir una imatge en dos tonalitats o en escala de grisos. El fitxer potser de vectors o imatges en .jpg, .bmp o .png. La qualitat de la imatge ve determinada per la resolució de la imatge, és a dir, pel la quantitat de DPI seleccionats (punts per polzada). En funció de la profunditat del gravat és pot classificar com a profund, mitjà i superficial (veure taula 3).

S'aconsegueix amb potència baixa i velocitat alta.

##### Marcat

El marcat per vectors segueix la trajectòria dels vectors del fitxer. S'aconsegueix amb potència mitjana o baixa i velocitat alta (veure taula 3).

**Taula 3. Operacions de les màquines de tall làser**

|               | Tallar  | Gravar   | Marcar  |
|---------------|---|--|---|
| <b>Gràfic</b> |  <p>Font dels tres gràfics: Curs sobre tall làser del Cibernarium en el Parc tecnològic de Barcelona</p> |  |  |



|                    |   |   |   |
|--------------------|---|---|---|
| <b>Exemples</b>    |  |  |  |
| <b>Trajectòria</b> | Trajectòria de vectors  | Barrido eix X   | Trajectòria de vectors  |
| <b>Document</b>    | 2D  | Vectors o imatges   | 2D  |
| <b>Potència</b>    | Alta  | Baixa   | Baixa-Mitjana   |
| <b>Velocitat</b>   | Baixa   | Alta  | Alta  |

Com a regla general es pot dir que quan més dur és el material, més lent ha de ser el tall. Amb valors alts en velocitat i baixos en potència, s'obté el gravat i marcat.

#### 4.3.5. Materials

##### Les propietats dels materials

És important estudiar les propietats dels materials en concret, la capacitat de reflectir el làser, dissipar el calor que genera el làser i si és inflamable o no (crea llama). Alguns materials no es poden fer servir en les màquines de tall làser degut a la quantitat de potència que cal per a travessar-los. Altres materials es poden tallar però responen mal al calor del làser i poden arribar a fondre, o emeten gasos quan són cremats o tallats, per exemple, mai s'ha de tallar el clorur de polivinil (PVC) perquè és tòxic.

##### El gruix del material

És un factor a tenir molt en compte. Per una banda, els materials gruixuts i durs requereixen potència alta i velocitat baixa, així que el làser pot ser prou potent i desplaçar-se prou lentament per tallar tot el material satisfactòriament. Per l'altra banda, un material prim o tou, pot tallar materials menor potència i major velocitat.

**Taula 4. Llistat de materials**

| <b>Materials</b>                               | <b>Tall</b> | <b>Gravat</b> | <b>Marcats</b> |
|--|-------------|---------------|----------------|
| <b>Fustes</b>                                  |             |               |                |
| Fusta massissa (màxim espessor de tall: 7mm)   | SI          | SI            | SI             |
| Fusta de balsa                                 | SI          | SI            | SI             |
| DM   | SI          | SI            | SI             |
| Contraxapat                                    | SI          | SI            | SI             |
| Aglomerat                                      | SI          | SI            | SI             |
| Suro   | SI          | SI            | SI             |
| <b>Papers</b>                                  |             |               |                |
| Paper  | SI          | SI            | SI             |
| Cartró corrugat (màxim espessor de tall: 5 mm) | SI          | SI            | SI             |
| Cartró premsat                                 | SI          | SI            | SI             |
| Cartró reciclat                                | SI          | SI            | SI             |
| Cartolina                                      | SI          | SI            | SI             |

|  |    |    |    |
|--|----|----|----|
| Paspartú   | SI | SI | SI |
| <b>Metalls</b>   |    |    |    |
| Metalls recoberts  | NO | SI | SI |
| Metalls pintats  | NO | SI | NO |
| Alumini anodizat   | NO | SI | SI |
| <b>Plàstics</b>  |    |    |    |
| Acrílic (màxim espessor de tall: 10 mm)                      | SI | SI | SI |
| Delrin (poliacetal o resina acetàlica)                       | SI | SI | SI |
| Goma i cautxú per a segells                                  | SI | SI | SI |
| Metacrilat   | SI | SI | SI |
| Polipropilenè  | SI | SI | SI |
| PVC  | NO | NO | NO |
| Vinil  | SI | NO | NO |
| Acetat   | SI | NO | NO |
| PET (màxim espessor de tall: 3mm)                            | SI | NO | SI |
| Goma eva o etilè vinil acetat (màxim espessor de tall: 10mm) | SI | SI | SI |
| Corian   | SI | SI | -  |
| <b>Tèxtils</b>   |    |    |    |
| Pell (cuir) natural (màxim espessor de tall: 4mm)            | SI | SI | SI |
| Pell (cuir) sintètic (màxim espessor de tall: 4mm)           | SI | SI | SI |
| Teles fibra de cotó i mixtes                                 | SI | SI | -  |
| Teles fibra sintètiques                                      | SI | SI | -  |
| Teles sintètica tipus Lycra                                  | SI | NO | -  |
| Feltre (màxim espessor de tall: 3mm)                         | SI | SI | SI |
| Neoprè   | SI | SI | -  |
| <b>Altres</b>  |    |    |    |
| Ceràmica   | NO | SI | SI |
| Marbre, Ònix i altres pedres                                 | NO | SI | SI |
| Rajola   | NO | SI | SI |
| Cristall   | NO | SI | SI |
| Vidre  | NO | SI | SI |

#### 4.3.6. Software

Com en tots el processos de fabricació digital, cal un primer disseny de la geometria de l'objecte o peça a fabricar. Posteriorment, es necessita traduir aquesta geometria en ordres per a la màquina (veure figura 8).

El software més comuns per dibuixar o modificar en el tall làser són [10]:

**Adobe Illustrator:** és considerat un dels millors programaris per a la màquina de tall làser. És un programa molt versàtil per a treballar amb vectors. Et permet crear fàcilment documents “.DXF”, “.PDF” ó “.SVG” adequats per a la màquina de tall làser. Aquest programa té moltes opcions gràfiques i artístiques. També es pot fer servir per a comprovar, reparar documents o convertir altres formats.

**Inkscape:** és molt semblant a Adobe Illustrator en quant a la mateixa quantitat de possibilitats que ofereix, però és un programari gratuït i *open-source*.

**Sketch-Up:** és un dels programaris 3D més senzills d'aprendre perquè és molt intuïtiu. Cal instal·lar un *plugin* per a poder exportar a un document .SVG. L'únic inconvenient és que SketchUp no pot dibuixar correctament esferes i circumferències, ja que ho transforma en polígons. Si s'ha de dissenyar un objecte amb moltes curvatures millor fer servir un altre programa.

**SolidWorks:** és un programari de 3D molt potent, es basa en esbossos per a crear models, per això fàcilment pot transformar el fitxer 3D en un fitxer 2D amb un nivell d'acabat molt polit. No és pot exportar el fitxer a .SVG directament. S'ha d'exportar el document com a .AI in en Adobe Illustrator, llavors sí es pot convertir en un document .SVG.

**Autocad:** és un programari amb moltes eines perfecte per a plànols arquitectònics i mecànics. Tampoc és pot exportar el fitxer a .SVG directament. S'ha d'exportar com a fitxer .DXF i amb Adobe Illustrator, exportar a un fitxer .SVG.

**Altres:** Corel Draw, InDesign, Rhinoceros, LibreCAD, Autodesk 123D Make ha segut reemplaçat per Autodesk Fusion 360 i Thinkercad.

Cada eina de fabricació digital compta amb el seu propi programari de fabricació assistida per ordinador CAM (en anglès, *Computer-Aided Manufacturing*). El programari CAM crea la seqüència de comandos per a la màquina en un llenguatge màquina. El llenguatge *G-Programming* són les instruccions que s'envien a la màquina de fabricació digital. El fitxer *G-code* és el que controla la màquina.

**VisiCut:** és un programari *open-source* fàcil de fer servir que serveix per a preparar i enviar el fitxer a la màquina de tall làser. Es defineix el material i es determina els paràmetres més importants que són: potència i velocitat, en el cas del gravat la freqüència. Converteix el fitxer de dibuix en un fitxer amb format .G-Code, és a dir, les instruccions màquina.



Figura 8. Fases del tall làser.

### Consells pràctics per a la preparació d'arxius



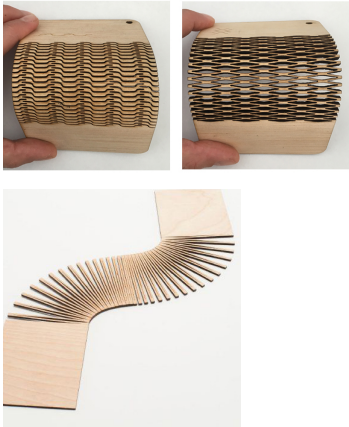
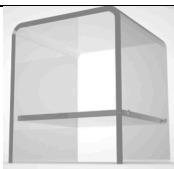
Pel que fa als consells útils per a la creació d'arxius, s'adjunta un enllaç a un manual de la marca de màquines de tall làser BCN3DTechnologies. Està disponible a:

<https://www.bcn3dtechnologies.com/ca/ignis-downloads/>

### Arxius *open-source* en internet

- [www.instructables.com](http://www.instructables.com)
- [www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com)
- [www.obrary.com](http://www.obrary.com)
- [www.geargenerator.com](http://www.geargenerator.com)
- [www.makercase.com](http://www.makercase.com)
- [www.makeabox.io](http://www.makeabox.io)

#### 4.3.7. Abast de la tècnica de tall làser

|  | Imatges de referència   | Breu explicació  |
|--|---|--|
| <b>3D per apilament de capes</b>                             |    | S'aconsegueix un 3D superposant capes de diferents peces planes per les seves vores. És important enumerar l'ordre de les peces de forma manual o amb un marcatge, per tal de simplificar la tasca de muntatge.  |
| <b>3D per encaix</b>   |    | S'aconsegueix un 3D encaixant diferents peces planes.  |
| <b>Matrius de plegat, frontisses flexibles o corbes KERF</b> |   | S'aconsegueix corbar el material mitjançant l'eliminació de material i patrons determinats, és a dir, aconseguir crear superfícies corbes a partir d'un material pla i rígid, arribant a fer-los bastant flexibles.<br><br>Els talls paramètrics permeten alleujar la tensió i doblegar el material. |
| <b>Plegat per esclafament</b>                                |  | L'esclafament d'una zona permet el plegat.   |

#### Avantatges i inconvenients de les màquines de tall làser

Les principals avantatges són:

- Tots els equips de fabricació digital es controlen numèricament (CNC).
- Precisió, toleràncies de menys de 0.1mm.
- Rapidesa.
- Acabats d'alta qualitat (sense rebava, ni necessitat de polir).
- Es talla sense contacte, això permet fer peces molt petites o amb incisions diminutes.
- La secció de tall queda perpendicular sense radi d'arrodoniment.
- Permet diferents materials com el paper, cartró, plàstic, fusta i metalls.
- Permet fabricar geometries complexes i elements detallats.
- És una màquina versàtil pel que fa a les geometries 2D.
- Permet personalitzar objectes.
- Fabriquen models de prototipatge ràpid (RP) a escala o mida real.

- Genera menys soroll que altres tècniques de tall.
- Es generen pocs residus.
- És segur. Té un sistema de seguretat, amb el qual el làser no es posa a treballar, si la porta superior no està ben tancada.
- Capacitat de crear rèpliques idèntiques.
- Es redueix l'estoc, es fabrica sota comanda o necessitat.
- Disminució del temps entre fase de projecte i fabricació que poden arribar a ser quasi simultanis.
- Es pot trobar en internet molts dissenys amb codi obert (*open-source*)

Per contra, el tall làser també presenta alguns inconvenients:

- Es taquen els costats i a vegades la superfície. Es pot evitar posant cinta.
- La mida del material ve determinada per el llit de la màquina, és a dir, la mida de l'àrea de treball.
- El tall de materials com la fusta, el cartró i el paper desprenen olors a combustió.
- Amb un mal ús es poden produir petits incendis.
- Preu de la màquina és alt. Tot i que el cost-benefici es positiu.
- Cal una cura especial dels miralls i lents.
- Consum típic superior als 1500W (consum de tall a màxima potència).
- Requereixen d'un manteniment i supervisió regulars.
- Requereixen d'un ordinador, potència, sistema de ventilació i emmagatzematge.

#### 4.3.8. Mesures de seguretat


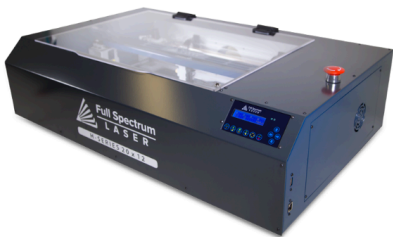
- No obrir mai la porta sense desconnectar l'alimentació.
- No intentar fer servir mai el test de tall sense tancar la porta.
- No deixar la màquina de tall làser sense vigilància mentre està en funcionament.
- Ventilar sempre el fum o vapor de material a una sortida a l'exterior.
- No utilitzar mai en el tall làser materials que continguin clorur de polivinil (PVC) perquè és tòxic.
- No utilitzar mai en el tall làser materials reflectants o miralls.
- No utilitzar mai el tall làser amb essers vius.

#### 4.4. Equipament propi del centre educatiu

El centre educatiu pot adquirir màquines de tall estàndard o de sobre taula, que són més econòmiques però la mida de peça màxim és molt inferior. Al mercat estan disponibles diverses marques de màquines. Actualment, les màquines estàndard oscil·len entre els 8.000 € fins 60.000€ . Les marques més conegudes són **CIM UPC-BCN3D** de Barcelona, **Pérez Camps** de Viladecans, **Trotec** maquinària feta en Austria amb seu en Esplugues de Llobregat, Epilog maquinària feta en USA amb seu en Hospitalet de Llobregat,

Taula 5. Quadre comparatiu entre una màquina de tall làser estàndard i de sobre taula

| QUADRE COMPARATIU       |              |                     |
|-------------------------|--------------|---------------------|
| Tipologia               | Estàndard    | Sobre taula         |
| Marca                   | BCN3D        | Full Spectrum LASER |
| Model                   | Ignis        | H-Series 20x12      |
| Mida del pla de treball | 990 x 580 mm | 508 mm x 305 mm     |
| Potència del làser      | 100 W        | 40-45W              |

|                                       |  |   |
|---------------------------------------|--|---|
| <b>Compressor d'aire</b>              | Sí, per reduir la calor i gasos combustibles de la superfície de tall  | Connexió d'aire per a ventilar el fum generat amb l'operació de tall  |
| <b>Programari</b>                     | RDWorks V8.01.18 Arxius *.ai; *.dxf; *.plt; *.dst; *.dsb; *.eps; *.nc; *.bmp; *.gif; *.jpg; *.tiff; *.png; *.ico; *.raw; etc                       | Personalitzat Full Spectrum Laser Direct Print Software Arxius: CorelDraw, AutoCAD, Solidworks, Adobe Illustrator, PDF - even MS Word.                                      |
| <b>Sistema de control de moviment</b> | Motors pas a pas   | Motor pas a pas   |
| <b>Conectivitat</b>                   | RJ45 (LAN)/PC-USB/Pen Drive USB  | Ethernet + USB Direct Print Drivers   |
| <b>Consum elèctric</b>                | 2600W  | 1000W   |
| <b>Mida de la màquina</b>             | 1580 x 1050 x 1350 mm  | 812.8 x 508 x 209.55 mm   |
| <b>Preu aprox.</b>                    | 6.000€-8.000€ (fins 60.000€)   | 3.000€  |
| <b>Foto</b>                           |  <p><b>Figura 9. Màquina de tall làser BCN3D model Ignis</b></p> |  <p><b>Figura 10. Màquina de tall làser Full Spectrum LASER model H-Series 20x12</b></p> |

Els paràmetres que determinen la qualitat d'una màquina de tall làser són la velocitat del motor, la mida del pla de treball i la potència del tub de làser.

#### 4.5. Equipament extern al centre educatiu

En aquest apartat es presenta els principals espais de fabricació digital de Barcelona i les seves característiques, donant resposta així al repte de la manca d'infraestructura en el centre educatiu. Distingim tres categories: Ateneus de Fabricació amb el seu "Programa pedagògic", FabLABs, amb el seu programa FabLearn Labs, i altres. Per últim, mencionarem la fira més important sobre el moviment "*maker*" que es realitza a Barcelona.

##### 4.5.1. Ateneus de fabricació

Els Ateneus de fabricació de la ciutat de Barcelona són espais de col·laboració públics on els ciutadans individuals però també les entitats locals, les organitzacions, centres educatius i les empreses poden realitzar projectes o activitats per a la innovació ciutadana. Es tracta doncs de fomentar l'experimentació per a cercar noves idees i projectes que utilitzin les eines de fabricació digital, així com també fomentar l'aprenentatge tecnològic, l'ocupació, la renovació urbana i la sostenibilitat amb el suport de la fabricació digital.

Els Ateneus tenen com a punt de partida el referent dels FabLAB. Des d'aquest punt de vista comparteixen la mateixa filosofia de fomentar l'aprenentatge dels fonaments de la fabricació digital, la creació pròpia, el treball cooperatiu, la curiositat per la ciència i la tecnologia, posant a l'abast de tothom una infraestructura, és a dir, un espai, unes màquines de fabricació digital i unes persones que donen suport tècnic.

Les diferències entre els FabLABs i els Ateneus de fabricació els poden resumir en 4 punts:

1. Els Ateneus tenen un caràcter social. Els projectes que es desenvolupin busquen que tinguin un retorn i impacte social transformador per al barri, ciutat o fins i tot en el món.

L'Ajuntament de Barcelona té previst obrir un Ateneu de Fabricació Digital a cada districte de la ciutat. Aquest projecte es coneix amb el nom de Xarxa d'Ateneus de Fabricació i té com a principals objectius fomentar la innovació social i l'economia cooperativa, social i solidària.

2. Una altra diferència respecte als FabLABs és que cada Ateneu està especialitzat en una temàtica:
  - **L'Ateneu de Fabricació de Les Corts.** Va ser el primer en inaugurar-se a l'any 2013, sent el primer FabLAB públic del món. Està especialitzat en inserció laboral de persones amb discapacitat. Adreça: Carrer dels Comtes de Bell-Lloc, 192, 08014 Barcelona
  - **L'Ateneu de Fabricació de Ciutat Meridiana.** Està ubicat al districte de Nou Barris i es va obrir al 2014, està especialitzat en projectes d'ocupació laboral. Adreça: Avinguda Rasos de Peguera, 232, 08033 Barcelona
  - **La Fàbrica del Sol de la Barceloneta,** un espai dedicat a l'educació ambiental i la sostenibilitat. Situat a l'antic edifici modernista de la Catalana de Gas. Adreça: Passeig de Salvat Papasseit, 1, 08003 Barcelona
  - **Parc tecnològic. Barcelona Activa.** Es tracta d'un edifici ubicat al districte de Nou Barris, gestionat per Barcelona Activa, i destinat a empreses tecnològiques i industrials per a la creació de prototipatge d'empreses innovadores. Adreça: Parc Tecnològic, Marie Curie, 8-14, 08042 Barcelona
  - **Ateneu de Fabricació de Gràcia.** Pròximament, està previst que obrirà les seves portes i estarà vinculat a l'artesania. Adreça: Carrer del Perill número 8, Barcelona.
3. La contraprestació: Model d'economia col·laborativa. Les instal·lacions i les eines de fabricació digital es poden fer servir a canvi d'una contraprestació que és el retorn no-econòmic. S'acorda en relació a les capacitats i propostes de les persones com també les necessitats de l'Ateneu, revertint així en la societat.
4. En tota la Xarxa d'Ateneus compten en tres programes:
  - **Programa Famílies** pretén apropar la tecnologia a les famílies, facilitant l'accés i aprenentatge a les tecnologies de fabricació, utilitzant metodologies lúdiques i metodologies col·laboratives.
  - **Programa Innovació Social** busca apropar cada Ateneu de Fabricació al seu entorn local més proper, com a clau per convertir els reptes econòmics, ambientals i socials als que s'enfronta la societat en oportunitats per millorar les nostres comunitats.
  - **Programa Pedagògic** és una proposta conjunta amb el Consorci d'Educació de Barcelona. Aquest programa és el que dona resposta a les necessitats dels centres educatius i és on el docent s'ha d'adreçar. Dins del programa pedagògic l'Ateneu ofereix als centres educatius les següents activitats:
    - Una sessió de visita a les instal·lacions amb explicació de les màquines de fabricació digital.
    - Una sessió de visita a les instal·lacions amb explicació de les màquines de fabricació digital i realització d'una pràctica al taller per fer un objecte senzill amb la làser o 3D.
    - Una sessió de visita a les instal·lacions amb explicació de les màquines de fabricació digital i desenvolupament d'un projecte de centre, mínim dues sessions més.



- Assessorament a treballs de recerca de l'alumnat.
- Formació de professorat.



**Figura 11. Projectes i maquinària de l'Ateneu de Fabricació de Ciutat Meridiana**

#### **4.5.2. FabLABs**

El FabLAB (Fabrication Laboratory, acrònim del Laboratori de Fabricació en anglès) és un taller amb eines de fabricació digital d'ús personal amb una forta vinculació amb la societat. Els espais normalment estan equipats amb eines de fabricació digital additiva, com impressores 3D, màquines de fabricació substractiva com màquines de tall làser i tall de vinil, roters, màquines, fresadores CNC, però també amb eines tradicionals, com torns, trepants, màquines de cosir i equips de soldadura. Actualment es calcula que hi ha al voltant de 1168 FabLABs oficials a tot el món.

Dins dels FabLAB hi ha un àrea especialitzada en l'educació, coneguda com els **FabLearn Labs** (anteriorment FabLAB @ School) creat per la Universitat de Stanford al 2008. Un projecte impulsat per Paulo Blikstein, professor adjunt de la Universitat de Stanford. L'objectiu és estudiar com impacten els FabLABs en l'aprenentatge. A més de facilitar l'intercanvi de millors pràctiques i aprenentatges entre professionals de l'educació implicats en l'educació en FabLABs [5].

El programa d'investigació s'organitza gràcies a un conjunt de col·laboradors sota el nom de FabLearn Fellows. Aquests col·laboradors són persones amb una gran trajectòria en l'àmbit educatiu i pedagògic. Cada un d'ells està desenvolupant un programa d'aprenentatge que utilitza el FabLAB com a part integral de l'aprenentatge. FabLearn dona nom també a una sèrie de conferències que es realitzen des de l'any 2013, Conferències FabLearn.

Els principals FabLABs en la província de Barcelona són:

- **FabLAB Barcelona. IAAC - *Institute of Advanced Architecture Catalonia***  
Adreça: Carrer de Pujades, 102, 08002 Barcelona.





Figure 12. Espai i maquinària del FabLAB Barcelona-IAAC.

- **FabLAB Sant Cugat**  
Adreça: Avinguda de la Torre Blanca, 57, Sant Cugat del Vallès.
- **FabLAB Terrassa**  
Adreça: Carrer de Colom, 1, 08222 Terrassa, Barcelona

#### 4.5.3. Altres espais “Maker”

- **MakerConvent – Centre Civic Convent Sant Agusti** Adreça: Carrer del Comerç, 36, 08003 Barcelona.
- **FabCafé:** El primer establiment d'aquest tipus a Europa i el tercer en el món en què es poden imprimir models en tres dimensions i tallar-se amb làser mentre gaudeix d'un cafè o un refresc. Adreça: Carrer de Bailèn, 11, 08010 Barcelona.
- **Tinkerers Fab Lab | Laboratorio – Taller de Fabricación Digital.** Adreça: Esteve Terradas, 1, 08860 Castelldefels, Barcelona.
- **MADE MakerSpace:** made-bcn.org
- **Punt Multimèdia:** puntmultimedia.org
- **Martillo:** martillo.co. Empresa privada de Barcelona.

#### 4.5.4. Events: Barcelona Maker Faire

En la Fira de Barcelona, durant els dies 16 i 17 de Juny de 2018, es celebra el “Barcelona Maker Faire” organitzat per el Sónar+D, Fab Lab Barcelona, SokoTech, In(3D)ustry i la col·laboració de l'Ajuntament de Barcelona i l'Obra Social “laCaixa”. La ciutat convidada d'aquest any és París.

Es el lloc de trobada entre més de 200 *makers* locals i internacionals, grups de recerca científica i tecnològica i empreses. Es fomenta així la plena integració de la ciència i la tecnologia en un entorn d'innovació com el Moviment *Maker* que està en ple creixement.

Els projectes es distribuïran per temàtiques: alimentació, energia i mobilitat, fabricació avançada i indústria 4.0, hàbitat i urbanisme, educació i aprenentatge i medi ambient i salut.



Figura 13. Logo del Barcelona Maker Faire 2018

## 4.6. Modalitats de projectes

En aquest apartat es proposaran i descriuran projectes que es poden dur a terme amb alumnat de 2n d'ESO dividits en tres modalitats. En els apartats 4.7. es desenvolupa una proposta de projecte genèric que aplica a qualsevols dels projectes presentats en les tres modalitats. Per últim, en l'apartat 4.8, es desenvolupa una proposta de projecte específic.

Els projectes presentats es divideixen en tres modalitats:

- Modalitat de projectes interdisciplinaris
- Modalitat de projectes per encàrrec.
- Modalitat de projectes d'aprenentatge i servei.




S'han seleccionat tenint en compte que fomentin la motivació, despertin la curiositat i tinguin un sentit per a l'alumnat per tal de que es produeixi un aprenentatge significatiu, terme introduït per David Ausubel (1963, 1968). Per a que es produeixi un aprenentatge hi ha d'haver una assimilació i una acomodació per part de l'alumnat amb el coneixement previ. És important que l'objecte a fabricar li sigui proper a l'alumnat o sigui del seu interès, d'aquesta manera s'aconsegueix que tot el que aprenen tingui un significat per a l'alumnat.


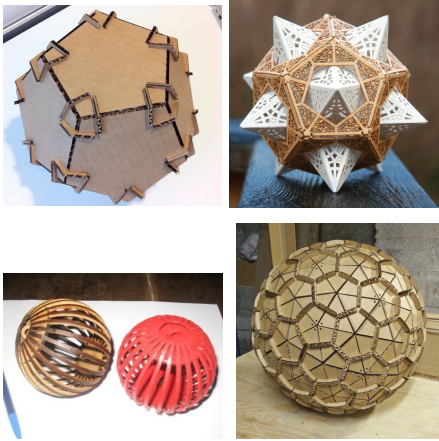


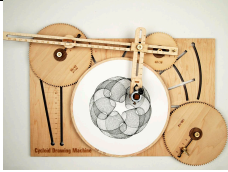


En aquesta classificació s'ha intentat evitar objectes purament estètics de demostració ràpida. S'han proposat projectes que suposen un repte per a l'alumnat.

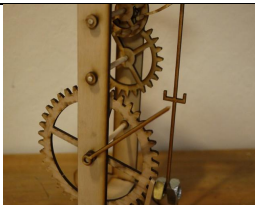
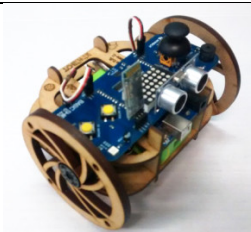
### 4.6.1. Modalitat de projectes interdisciplinaris

Aquesta modalitat de projectes implica un canvi organitzatiu i metodològic. Es difuminen les barreres entre la teoria i la pràctica. A més, possibilita treballar una temàtica englobant diferents matèries.

Table 6. Modalitat de projectes interdisciplinaris

| Modalitat de projectes interdisciplinaris |   |                          |  |  |
|---|---|--------------------------|--|--|
| Nom                                       | Foto  | Relació altres matèries: | Comentaris   |  |
| Mapes tipus puzzle                        |  | Geografia                | Vessant lúdica.<br>Concepte escala.  |  |
| Mapes amb precisió                        |  | Geografia                | Tècnica de tall i el marcatge.<br>Permet personalitzar fent el mapa de la ciutat o poble on està el centre educatiu.<br>Concepte d'escala. |  |
| Estudi dels animals i les plantes.        |  | Biologia                 | Es pot crear un catàleg per al departament.<br>Concepte d'escala.  |  |



|                        |   |  |                                     |   |
|------------------------|---|--|-------------------------------------|---|
| Fraccions              |    |  | Matemàtiques                        | Eines per a l'ajuda de l'estudi de temes.   |
| Poliedres              |    |  | Matemàtiques<br>Visual i plàstica   | Poliedres regulars i irregulars.<br>Diferents tipologies d'esferes.   |
| Engranatges            |   |  | Tecnologia (3r ESO)<br>Matemàtiques | Engranatges.<br>Pàgina especialitzada en projecte d'engranatges:<br><a href="http://geargenerator.com">http://geargenerator.com</a> |
| Rellotge i engranatges |  |  | Tecnologia (3r ESO)                 | Engranatges.<br>Inclou electrònica.   |
| Cycloide               |  |  | Visual i plàstica                   | Engranatges.<br>Vessant lúdica.<br>Vessant creativa.  |
| Constel·lacion s       |  |  | Astronomia                          | Precisió del tall làser   |
| Tanc de Da Vinci       |  |  | Història                            | Engranatges.  |

|                   |   |  |                        |                     |
|-------------------|---|--|------------------------|---------------------|
| Pèndol de Galileo |  |  | Història               | Engranatges.        |
| Kiwibot           |  |  | Física<br>Matemàtiques | Robòtica<br>Arduino |

#### 4.6.2. Modalitat de projectes per encàrrec

En aquesta modalitat es creen objectes que donen resposta a una necessitat o problema real. Cada centre pot detectar i donar resposta a les seves necessitats particulars.

Taula 7. Modalitat de projectes per encàrrec

| Modalitat de projectes per encàrrec         |   |                             |                            |  |
|---|---|-----------------------------|----------------------------|--|
| Nom   | Foto  | Relació amb altres matèries | Comentaris                 |  |
| Fer joguines per a nens d'escola del barri. |  | Visual i plàstica           | Vessant lúdica i creativa. |  |
| Titelles per al grup de teatre              |  | Visual i plàstica.          | Vessant lúdica i creativa. |  |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| Senyalística per al centre o hort del centre |  | Visual i plàstica.                           | Vessant creativa.  |
| Temàtica Sant Jordi                          |  | Visual i plàstica.                           | Coberta de llibre i marcador de pàgines.                             |
| Nius per al centre educatiu o Ajuntament     |  | Biologia,<br>Geologia,<br>Visual i plàstica. | Estudi de la fauna de la zona.<br><br>Penjar els nius en els arbres. |

#### 4.6.3. Modalitat de projectes d'aprenentatge i servei

En aquesta modalitat de projectes es vincula el coneixement acadèmic amb una activitat de caràcter pràctic. L'objecte té una utilitat social i fomenta l'aprenentatge de l'alumnat en valors socials.

**Taula 8. Modalitat de projectes d'aprenentatge i servei**

| Modalitat de projectes d'aprenentatge i servei  |      |   |   |
|---|------|---|---|
| Nom   | Foto | Relació amb altres matèries                           | Comentaris  |
| Edificis i obres artístiques emblemàtiques per a persones invidents puguin sentir i experimentar. |      | Visual i plàstica.<br>Història.<br>Història de l'art. | Treball coordinat amb l'associació Catalana de Cecs i Disminuïts Visuals. |



|  |   |  |              |   |
|--|---|--|--------------|---|
| Muntura d'ulleres per a nens del Tercer Món. |  |  | Matemàtiques | Treball coordinat amb Ass. Catalana de Solidaritat pel Desenvolupament Socio-rural del Tercer Món |
|--|---|--|--------------|---|

#### 4.7. Proposta de projecte genèric

En aquest apartat s'inclou la documentació necessària per al docent per a dur a terme el projecte amb l'eina del Tall làser segons el que estableix l'ordenació dels ensenyaments de l'ESO segons el Decret 187/2015, de 25 d'agost, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació secundària obligatòria (DOGC núm. 6945, de 28.8.2015) [3].

En el primer apartat es troba la justificació del projecte segons el Currículum de Tecnologia de 2n d'ESO. Seguidament, es defineixen els continguts curriculars, objectius i criteris d'avaluació. També s'especifica els blocs curriculars que es repassaran de 1r ESO, amb la nova perspectiva del tall làser.

Seguidament tractarem l'atenció a la diversitat, la seqüència i temporització dels projectes de manera genèrica. Per últim, es desenvoluparà la part concreta d'un projecte específic.

Pel que fa a les competències bàsiques treballades com depenen molt de la temàtica del projecte no s'han presentant en aquest apartat però en l'apartat de projecte específic sí estan definides.

##### 4.7.1. Justificació de l'assignació del projecte de tall làser en 2n d'ESO

El projecte està encabit en 2n d'ESO per tres motius:

1. L'alumnat ha assolit uns coneixements previs (en 1r d'ESO) en disseny i construcció d'objectes, materials, propietats dels materials, així com també usos i aplicacions dels materials.
2. La fabricació digital amb tall làser encaixa amb els següents continguts curriculars de 2n d'ESO: i) Tècniques utilitzades en el procés de transformació. ii) La fabricació digital. iii) Similituds i diferències entre processos tecnològics.
3. El tall làser és una tècnica suficientment senzilla, fàcil d'entendre, i que permet obtenir un producte acabat en un temps relativament breu. Per tant, el projecte s'adequa perfectament al nivell a les capacitats de l'alumnat de 2n d'ESO.

Tanmateix, encabir aquest projecte en 2n d'ESO té algunes limitacions. Per una banda, l'alumnat no té l'habilitat de desenvolupar dissenys propis complexos. Per l'altra banda, l'alumnat té un nivell bàsic de coneixements del programari de dibuix per ordinador.

Per tal de resoldre aquestes limitacions es proposa vincular el projecte a la matèria de Visual i Plàstica de 2n d'ESO. En aquesta matèria es podrien dedicar hores a aprendre i a dibuixar, per exemple, amb el programari gratuït on-line Sketch-Up o un altre programari *open-source*.

##### 4.7.2. Continguts normatius de 2n d'ESO de Tecnologia

##### 4.7.3. Programació del projecte genèric

El títol del projecte és "Fabricació d'un objecte mitjançant la tècnica de fabricació digital del tall làser". El nivell i matèria on es durà a terme el projecte serà 2n d'ESO de Tecnologia.

El projecte s'encabirà en el bloc curricular de Processos i transformacions tecnològiques de la vida quotidiana. Establert en el currículum de Tecnologia en l'Educació Secundària Obligatòria es regeix en el marc dels continguts curriculars del DECRET 187/2015, de 25 d'agost, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació secundària obligatòria [D].

Concretament, es treballaran els següents continguts curriculars:

- Obtenció de matèries primeres. Transformació industrial en productes elaborats.
- Tècniques utilitzades en el procés de transformació. La fabricació digital.
- Anàlisi d'un procés industrial proper.
- Similituds i diferències entre processos tecnològics.
- El projecte seguirà les fases del Procés Tecnològic.

Aquest projecte també repassarà el bloc curricular de 1r ESO de:

- Materials.

Amb els següents continguts curriculars:

- Propietats, usos i aplicacions dels materials bàsics: paper i fusta.
- Propietats, usos i aplicacions dels diferents materials tècnics: metalls, plàstics, tèxtils i materials petris.
- Construcció de productes tecnològics que incloguin diferents materials, eines i tècniques.
- Eines digitals per al disseny i la construcció d'objectes.

Continguts clau:

- CC17: Objectes tecnològics de la vida quotidiana.
- CC24: Disseny i construcció d'objectes tecnològics.

Objectius transversals:

- Interpretar textos descriptius i instructius.
- Treballar en grup de forma autònoma seguint les indicacions de l'activitat.
- Cercar solucions de forma creativa davant imprevistos.
- Complir les normes de seguretat del taller i de l'ús de les eines.
- Exposar el projecte de manera oral.
- Fer ús de les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC).

Objectius formatius:

- Explicar el passos per a la fabricació amb tall làser.
- Descriure les diferents tècniques, recursos i materials que es poden treballar amb la tecnologia làser.
- Diferenciar entre fabricació artesanal, industrial i digital, com també en els avantatges i desavantatges que té cadascuna.
- Dibuixar per ordinador segons la normativa de dibuix tècnic.
- Aplicar totes les etapes del procés tecnològic.
- Aprofundir en el coneixement dels materials a través de la fabricació digital.
- Defendre les possibilitats innovadores i creatives que ofereixen els materials gràcies a una eina digital.

Criteris d'avaluació curricular:

- Comunicar els projectes realitzats utilitzant mitjans digitals, emprant el llenguatge tecnològic adequat i incloent-hi diferents elements visuals (taules, gràfics, imatges).
- Representar objectes en sistema dièdric i acotar-los seguint les normes estandarditzades.
- Seleccionar, gestionar i tractar la informació d'Internet de forma correcta per tal de generar nou coneixement.
- Reconèixer els diferents processos, tècniques i transformacions industrials aplicades a les matèries primeres fins a convertir-se en productes elaborats i posats a l'abast del consumidor. Analitzar el procés industrial d'un producte característic de la zona.
- Analitzar els processos de fabricació relacionats amb l'aplicació de tecnologies digitals, específicament amb la impressió en 3D.

### Seqüència de continguts formatius

Per tal de tenir un bon rendiment en la pràctica cal que l'alumnat hagi treballat prèviament els conceptes bàsics sobre:

- Materials i les seves propietats.
- Nocions bàsiques de programari de dibuix.
- Fases del procés tecnològic.

Al llarg del projecte s'estudiarà:

- Fabricació artesanal, industrial i digital, avantatges i desavantatges que té cadascuna.
- Aprofundir en l'aprenentatge d'un material a través de la fabricació digital, amb exemples que puguin tocar.
- Concepte de Control Numèric. Concepte de Làser.
- Diferenciar entre tallar, gravar i marcar, amb exemples que puguin fer i tocar.
- Tallar amb diferents paràmetres de potència, velocitat i freqüència creant diferents exemples per a que ho puguin assolir.
- Mostrar l'abast de la tècnica del tall làser (precisió, 3D per apilament de capes, matrius de plegat, encaix, etc.) amb exemples que puguin tocar.

#### 4.7.4. Metodologia de treball

La metodologia que es farà servir en aquest projecte és:

**L'aprenentatge basat en problemes (ABP o PBL, *Project-based learning en anglès*)** es dona al llarg d'un procés d'interacció de l'alumnat amb l'objecte a fabricar. Participar en un projecte de disseny i fabricació d'objectes dona l'oportunitat a l'alumnat de ser responsables del seu propi aprenentatge. Com també, millora la creativitat, motivació i autoestima de l'alumnat [11] segons Tesconi.

Segons Barrows, la metodologia ABP fomenta la competència "aprendre a aprendre" habilitats, com també la capacitat de buscar e implementar recursos i solucions [12]. Fabricar un objecte és l'excusa per a que l'alumnat desenvolupi idees, faci recerca, creï disseny, estudiï materials i eines de producció fins arribar a la fabricació. A més a més, aquesta metodologia també encaixa perfectament en el desenvolupament de les fases del Procés Tecnològic tan present en el currículum de l'assignatura de tecnologia.

L'ABP té un aproximació pràctica de l'ensenyament que s'orienta a la fabricació d'un objecte que tingui sentit en el món real. Les necessitats de l'objecte real fa que sigui necessari els coneixements de les matèries anomenades STEAMM [13]. Aquesta metodologia és flexible i s'adapta a les necessitats de l'alumnat, fomenta el treball cooperatiu, l'aprenentatge entre iguals i la motivació de l'alumnat [13].

**L'aprenentatge i servei (ApS)** és mètode que vincula l'aprenentatge acadèmic amb el servei a la comunitat en un sol projecte. Aquest fet permet que l'alumnat es formi i al mateix temps doni una resposta o millora a una necessitat social del seu entorn més immediat.

En grans trets podem dir que els principals objectius d'aquesta metodologia són la vinculació del coneixement acadèmic amb una activitat de caràcter pràctic, la utilitat social de l'objecte i el foment dels valors socials de l'alumnat.

Segons Puig, la metodologia ApS fomenta el sentiment de pertinença a un entorn i la cohesió dels individus que hi conviuen afavorint interaccions positives. Els projectes que es realitzen sota la metodologia d'aprenentatge i servei destaquen per la seva vessant ètica de l'educació que no és neutra i permet educar en valors anant més enllà dels continguts curriculars [14].

#### 4.7.5. Organització de l'alumnat

L'alumnat treballarà en grups heterogenis formats pel docent de 3 ó 4 alumnes. Sempre que es pugui, cada grup dissenyarà i/o fabricarà un objecte una mica diferent i/o amb un material diferent. Així entre tots el grups s'assolirà un grau més alt d'aprenentatge.



#### 4.7.6. Atenció a la diversitat

Per a la realització del projecte proposarem tres nivells:

- Nivell bàsic: el document el proporciona el docent. L'alumnat amb Sketch-Up o un altre programari, realitza personalitzacions i fa una col·locació òptima de peces per imprimir.
- Nivell mig: l'alumnat busca i escull en internet el document *open-source* que vol fer, sempre dins de la temàtica escollida. L'alumnat amb Sketch-Up o un altre programari, realitza personalitzacions i fa una col·locació òptima de peces per imprimir.
- Nivell avançat: l'alumnat dissenya la seva pròpia idea dins de la temàtica escollida. A més, l'alumnat amb Sketch-Up o un altre programari, també fa una col·locació òptima de peces per imprimir. D'aquesta manera tenim en compte l'alumnat d'altres capacitats i/o alumant amb un alt domini de programari de dibuix.

Per tal de poder atendre a la diversitat de capacitats, habilitats i ritmes d'aprenentatge de l'alumnat a l'aula, es tindran en compte les següents consideracions:

- El docent crearà els grups de manera que siguin heterogenis, per a què cadascú/una pugui aportar en funció de les seves capacitats.
- Es fomentarà el treball en equip i que tots els membres assoleixin els objectius didàctics mitjançant el treball cooperatiu.
- En general es farà un seguiment especial als alumnes amb més dificultats i es potenciarà als alumnes amb més capacitats.
- En l'avaluació el docent tindrà en compte els esforços i les característiques personals de cada alumne mitjançant l'observació directa.
- El docent potenciarà en cada alumne la sensació de que progressa i aprèn.

#### 4.7.7. Programació d'aula: Seqüenciació i temporització

Avui en dia, hi ha molt pocs centres educatius que disposin d'una màquina de tall làser. Per tant, la programació s'ha dissenyat tenint en compte les tres sortides a un centre extern per a accedir a la màquina de tall làser.

La majoria de projectes seguiran aquesta seqüenciació i temporització que presentem a continuació. Es poden ampliar alguna sessió més si el docent considera que cal dedicar més temps a l'estudi d'una temàtica.

A la taula següent es detalla el contingut de les diferents sessions, dividides en tres fases: inicial, desenvolupament i síntesi.

**Taula 9. Seqüenciació i temporització del projecte**

| FASE    | Nº SESSIÓ | Nº ACTIV | DESCRIPCIÓ DE LES ACTIVITATS   | TEMP.   | ESPAI                         |
|---------|-----------|----------|--|---------|-------------------------------|
| Inicial | 1         | 1        | Presentació del projecte: explicació del projecte, objectius i criteris d'avaluació.   | 20 min  | Aula ordinària                |
|         |           | 2        | Formació dels grups de treball cooperatiu.   | 5 min   | Aula ordinària                |
|         |           | 3        | Explicacions teòriques sobre la fabricació digital.  | 30 min  | Aula ordinària                |
|         | 2         | 4        | Activitat introductòria: presentació de la màquina de tall làser.<br><br>Visita a les instal·lacions de l'Ateneu o FabLAB. Descripció de les principals característiques, aplicacions i funcionament. Realització de varis exemples. | 4 hores | 1ª visita a l'Ateneu o FabLAB |

|                 |    |    |   |         |   |
|-----------------|----|----|---|---------|---|
| Desenvolupament | 3  | 5  | Documentació i recerca sobre el projecte.   | 20 min  | Aula ordinària                            |
|                 |    | 6  | Definir el material i gruix de l'objecte.   | 35 min  | Aula ordinària                            |
|                 | 4  | 7  | Realització d'un <i>Kahoot</i> .  | 10 min  | Aula informàtica                          |
|                 |    | 8  | Dibuixar i preparar el document de dibuix.  | 45 min  | Aula informàtica                          |
|                 | 5  | 9  | Preparar el document gràfic.  | 4 hores | 2 <sup>a</sup> visita a l'Ateneu o FabLAB |
|                 |    | 10 | Estudi dels materials amb la eina de tall làser.  |         |   |
|                 | 6  | 11 | Introduir el document en el software màquina.   | 4 hores | 3 <sup>a</sup> visita a l'Ateneu o FabLAB |
|                 |    | 12 | Configuració de la màquina de tall làser:<br>- Potència i velocitat (o freqüència)            |         |   |
|                 |    | 13 | Col·locació de material en la màquina   |         |   |
|                 |    | 14 | Enfocar el tallador làser   |         |   |
|                 |    | 15 | Test de tall  |         |   |
|                 |    | 16 | Execució del tall, gravat i/o marcatge  |         |   |
|                 |    | 17 | Neteja  |         |   |
|                 | 7  | 18 | Assemblatge al taller de tecnologia.  | 55 min  | Taller                                    |
| Síntesi         | 8  | 19 | Preparació de la memòria del Procés tecnològic: etapes del projecte i redacció de la mateixa. | 55 min  | Aula informàtica                          |
|                 | 9  | 20 | Presentació oral del treballs.  | 45 min  | Aula ordinària                            |
|                 |    | 21 | Entrega de la memòria   | 5 min   | Aula ordinària                            |
|                 |    | 22 | El docent exposa les conclusions dels treballs  | 5 min   | Aula ordinària                            |
|                 | 10 | 23 | Prova escrita objectiva   | 40 min  | Aula ordinària                            |
|                 |    | 22 | Rúbrica d'autoavaluació del desenvolupament del projecte de la seva actitud.                  | 15 min  | Aula ordinària                            |

#### 4.7.8. Recursos necessaris

- Infraestructura del centre educatiu: aula ordinària, aula Informàtica, taller de tecnologia.
- Infraestructura externa al centre: Ateneu de fabricació o FabLAB.
- Guió del projecte.

#### 4.7.9. Risc de l'activitat

**Les tres sortides:** a l'Ateneu o FabLAB per a un projecte pot ser difícil de coordinar i fins i tot algun docent no estar d'acord degut al nombre de sessions que es perden.

**Absències:** si algun alumne/a falta a alguna de les sessions en l'Ateneu i/o FabLAB per al correcte assoliment del procés de fabricació digital.

**Involucrar a altres docents d'altres matèries:** Aquest fet pot suposar problemes de coordinació d'horaris. En el cas de Visual i plàstica potser que li tregui hores per al vorel el contingut curricular que tenia estipulat.

**Funcionament dels grups:** si no hi ha un funcionament correcte del grup i no es produeix un aprenentatge cooperatiu, el docent podrà fer canvis en la formació dels grups.

#### 4.7.10. Avaluació

Al llarg de totes les fases del projecte oferirem a l'alumnat una avaluació qualitativa, és a dir, un feedback continu i ràpid.

Tenim en compte l'aprenentatge per competències (sabers, saber fer i saber estar), l'avaluació qualitativa, és a dir, l'expressió numèrica, és realitzarà de la següent manera:

- **Conceptes:** El saber (25%).  
S'avaluaran els conceptes teòrics i les habilitats assolides per l'alumnat. L'eina d'avaluació serà la realització d'un *Kahoot* i una prova objectiva per a comprovar el que vols que retinguin a llarg termini.
- **Procediment:** El saber fer (50%).  
S'avaluaran els resultats d'aprenentatge del treball de síntesi del procés tecnològic i l'objecte realitzat, mitjançant l'eina d'avaluació d'una rúbrica.
- **Actitud:** El saber estar i ser (25%).  
S'avaluarà el comportament de l'alumnat tenint en compte si fa un bon compliment de les normes de seguretat en el taller, si té una actitud proactiva davant imprevistos i si treballa correctament en grup fomentant l'aprenentatge cooperatiu de tots els membres del grup. L'eina d'avaluació serà l'observació directa del docent i una rúbrica d'autoavaluació.

### 4.8. Implementació d'un projecte específic

En l'apartat anterior s'ha desenvolupat un projecte genèric que aplicarà a tots els projectes d'una manera general molt similar. En aquest apartat es desenvoluparà un dels projectes. S'ha escollit el microscopi perquè és una aplicació molt interessant, a més, és un objecte útil ja que després pot formar part del departament de Biologia, contribuint així a l'aprenentatge i servei.

#### 4.8.1. Descripció del projecte Microscopi

La modalitat d'aquest projecte serà la d'encàrrec del centre. Es plantejarà a l'alumnat que el departament de Biologia necessita microscopis, ja que són escassos i antics. Es demanarà a l'alumnat fer un "*Smartphone Microscope*" personalitat en una temàtica sobre ciències naturals i que un cop acabat el projecte el donarà al centre.

El projecte consisteix en la construcció d'un microscopi amb peces fetes amb tall làser, i mitjançant l'ús d'una lent de 175 augments, i l'ajuda d'un dispositiu mòbil *smartphone*.

És aconsellable que sigui el propi alumnat que accedeix a internet i es descarregui el document per assolir els conceptes d'*Open-source* i *Creative commons*.

Totes les peces ja estan dibuixades. Per tant, aquest projecte encaixa perfectament quan l'alumnat no té un alt domini de programari de dibuix i no es vol invertir hores en aquest pas. El docent pot demanar a l'alumnat que personalitzi el disseny escollint una temàtica sobre ciències naturals i realitzant-ho gràcies a la tècnica del marcatge i gravat del tall làser. Aquesta fase és coordinarà amb la matèria de Visual i Plàstica.

El docent de Biologia formarà part del projecte. Estudiarem de forma conjunta el funcionament d'un microscopi, l'òptica de la lent, i per últim, realitzarem activitats d'observació.

El projecte finalitzarà amb la presentació oral del microscopi personalitzat de cada grup i l'entrega al cap de departament del Biologia amb la presència i reconeixement del director/a del centre.

#### 4.8.2. Competències bàsiques i específiques treballades

Segons el currículum de l'educació secundària obligatòria, estableix les competències bàsiques com l'eix del procés educatiu.

S'identifiquen dos grups de competències bàsiques: les competències transversals, que són la base del desenvolupament personal i de la construcció del coneixement i les competències específiques, centrades a viure i habitar el món i relacionades amb la cultura i la visió del món [E].

Competències transversals:

- Competències comunicatives.
  - Competència comunicativa lingüística i audiovisual: es treballarà en la presentació oral dels resultats finals.
  - Competències artística i cultural: es demanarà a l'alumnat que personalitzen el seu microscopi, amb el gravat i marcatge, fomentant la seva creativitat.
- Competències metodològiques
  - Tractament de la informació i competència digital: es donarà amb el treball del programari de dibuix i el programari de màquina.
- Competències personals
  - Competència d'autonomia i iniciativa personal: es fomentarà l'autonomia de l'alumnat per a que escollir de la personalització del microscopi, el material, la resolució de problemes davant imprevistos.
- Competències específiques centrades a viure i habitar el món:
  - Competència en el coneixement i la interacció amb el món físic: amb un consum responsable de la matèria prima.
  - Competència social i ciutadana: encàrrec del centre, saben que el donaran al departament de biologia del centre.

Les competències bàsiques de l'àmbit científicotecnològic treballades en aquest projecte són de la: Dimensió objectes i sistemes tecnològics de la vida quotidiana [E] en concret:

- **Competència 8.** Analitzar sistemes tecnològics d'abast industrial, avaluar-ne els avantatges personals i socials, així com l'impacte en la salubritat i el medi ambient.
- **Competència 9.** Dissenyar i construir objectes tecnològics senzills que resolguin un problema i avaluar-ne la idoneïtat del resultat.

#### 4.8.1. Programació del projecte Microscopi

A més dels continguts comuns a tots els projectes amb talladora làser, aquest projecte del microscopi en concret també treballa els conceptes del funcionament d'un microscopi senzill.

Es treballarà en grups heterogenis de 3-4 alumnes. Els grups els formarà el docent tenint en compte les capacitats, habilitats i ritmes d'aprenentatge de l'alumnat.

#### Recursos necessaris per al desenvolupament de l'activitat

El **material** necessari per a la pràctica és:

**Taula 10. Taula de materials necessaris per al projecte de Microscopi**

| Material  | Quantitat |
|---|-----------|
| Planxa de 300x200mm, cada grup treballarà amb un material diferent:<br>Fusta de DM de gruix: 3mm<br>Contraxapat de gruix: 3mm<br>Fusta massissa de roure de gruix: 3mm<br>Fusta de balsa de gruix: 1,5mm<br>Acrílic de gruix: 3mm<br>Metacrilat de gruix: 3mm   | 1 planxa  |
| Cargol rosca mètrica cap hexagonal mida M6 x 60 mm  | 1 unitat  |
| Rosca femella hexagonal mida M5   | 1 unitat  |
| Lent:<br>a) extraure d'un punter làser ó<br>b) comprar un paquet de lents acrílics estàndard per a mòduls de 12x30 mm   | 1 unitat  |
| Opcional: En cas de fixa la base, caldrà cola blanca o un adhesius d'enduriment ràpid tipus el cianoacrilat.  | 1 unitat  |
| <b>Mòdul Ilum</b>   |           |
| Porta piles vertical CR2032   | 1 unitat  |
| Pila CR2032   | 1 unitat  |
| LED 3mm (Ilum blanca)   | 1 unitat  |
| <b>El fitxer</b>  |           |
| L'autoria del projecte de " <i>Smartphone Microscope</i> " és de Cured.Bio. L'objectiu d'aquesta formació és aproximar la biologia al sector educatiu amb projecte innovadors.<br><br>El fitxer necessari és <i>open-source</i> i està disponible en la web:<br><a href="https://github.com/Curedbio/Microscope">https://github.com/Curedbio/Microscope</a> |           |

**Maquinària:** la màquina de tall làser. Per accedir a la maquinària es pot acudir a:

- Un Ateneu de fabricació de Barcelona, que ofereixen el servei als centres educatius gratis o a preu de cost. A través dels centres de recursos pedagògics (CRP) es pot aconseguir accés prioritari, però cal reservar amb antelació.
- Un FabLAB
- Un servei privat. Desaconsellem aquesta opció, per al primer cop que es fa servir el tall làser. Donat que part del projecte és que l'alumnat entri en contacte amb les instal·lacions i diferent màquines i materials que es fan servir en la fabricació digital.

**Eines:** per al muntatge microscopi no és requereix cap eina. Les peces encaixen fàcilment, permetent el muntatge i desmuntatge, reduint al màxim per l'espai d'emmagatzematge.

Opcionalment, si es vol fixar la base és pot fer servir cola blanca o cianoacrilat segons sigui el material tallat.

**Dispositiu mòbil:** Mòbil tipus *Smartphone* amb programa per defecte de càmera. No cal instal·lar cap aplicació extra.

Documentació per al docent:

- Guió de l'activitat:  
<https://github.com/Curedbio/Microscope>
- Guió amb instruccions de muntatge:  
<https://drive.google.com/file/d/1WwCUBLRaUULMmISNC0lt4g4wgpoXdYov/view>
- Guió per a l'activitat didàctica d'observació de mostres:
  - a) Cèl·lula animal:  
<https://drive.google.com/file/d/1FABJID7Bix1KbsEYdrOKIS45FNh3tvt/view>
  - b) Cèl·lula vegetal. Epidermis:  
<https://drive.google.com/file/d/15Soq-GfBk7sZX2jt4OrL8Ymz8RNyKah/view>
  - c) Cèl·lula vegetal. Estomes:  
<https://drive.google.com/file/d/1XDmF1ylwj4MFtLVfxxNUs-upxU-O0qx/view>
  - d) Cèl·lula vegetal. Amiloplasts:  
<https://drive.google.com/file/d/1Uy28zKo-ZNkTq0Gy1cZAgazsiP1GJldo/view>
  - e) Protozoos:  
[https://drive.google.com/file/d/1ywnsZVtT23PDjn91AA0W\\_wMrxsr9w-S/view](https://drive.google.com/file/d/1ywnsZVtT23PDjn91AA0W_wMrxsr9w-S/view)

### Temporització de la pràctica

Taula 11. Seqüenciació i temporització del projecte de Microscopi

| FASE            | Nº SESSIÓ | Nº ACTIV | DESCRIPCIÓ DE LES ACTIVITATS  | TEMP.   | ESPAI                          |
|-----------------|-----------|----------|---|---------|--------------------------------|
| Inicial         | 1         | 1        | Presentació del projecte: "Smartphone Microscope amb una temàtica per al departament de Biologia" objectius i criteris d'avaluació. | 20 min  | Aula ordinària                 |
|                 |           | 2        | Explicacions teòriques sobre la fabricació digital  | 35 min  | Aula ordinària                 |
|                 |           | 3        | Formació dels grups de treball  |         | Aula ordinària                 |
|                 | 2         | 4        | Visita a les instal·lacions i explicacions sobre la tècnica del tall làser, materials i exemples.                                   | 4 hores | 1ª visita a l'Ateneu o FabLAB  |
| Desenvolupament | 3         | 5        | Explicació teòrica amb el docent de Biologia sobre els microscopis.   | 45 min  | Aula informàtica               |
|                 |           | 6        | Realització d'un Kahoot.  | 10 min  | Aula informàtica               |
|                 | 4         | 7        | Descarregar-se el fitxer. Opcional personalitzar.   | 55 min  | Aula informàtica               |
|                 | 5         | 8        | Preparar el document gràfic.  | 4 hores | 2ª visita a l'Ateneu o FabLAB  |
|                 | 6         | 9        | Introduir el document en el software màquina. (veure figura 14)   | 4 hores | 3ª visita a l'Ateneu o FabLAB. |
|                 |           | 10       | Configuració de la màquina de tall làser: Potència i velocitat (o freqüència)   |         |                                |
|                 |           | 11       | Col·locació de materials  |         |                                |
|                 |           | 12       | Enfocar el tallador làser   |         |                                |
|                 |           | 13       | Test de tall  |         |                                |

|         |    |    |   |        |                      |
|---------|----|----|---|--------|----------------------|
|         |    | 14 | Execució del tall   | 55 min | Taller de tecnologia |
|         |    | 15 | Neteja  |        |                      |
|         | 7  | 16 | Assemblatge de les peces  |        |                      |
| Síntesi | 8  | 17 | Pràctica coordinada amb el docent de Biologia d'observació de mostres.                        | 55 min | Aula ordinària       |
|         | 9  | 18 | Preparació de la memòria del Procés tecnològic: etapes del projecte i redacció de la mateixa. | 55 min | Aula informàtica     |
|         | 10 | 19 | Presentació oral dels microscopis i del resultat d'observació de mostres.                     | 45 min | Aula ordinària       |
|         |    | 20 | L'alumnat fa entrega al departament de biologia dels microscopis fabricats.                   | 10 min | Aula ordinària       |
|         | 11 | 21 | Prova escrita objectiva   | 40 min | Aula ord.            |
|         |    | 22 | Rúbrica d'autoavaluació del desenvolupament del projecte de la seva actitud.                  | 15 min | Aula ordinària       |

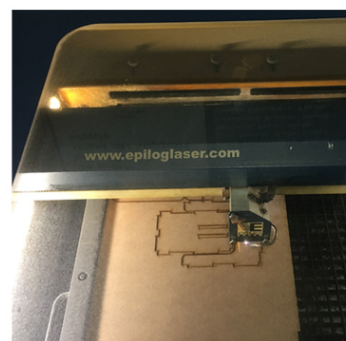
A continuació és mostra un conjunt de fotos pròpies, excepte les mostres d'observació que és de Curedbio, del procés de fabricació del Microscopi:



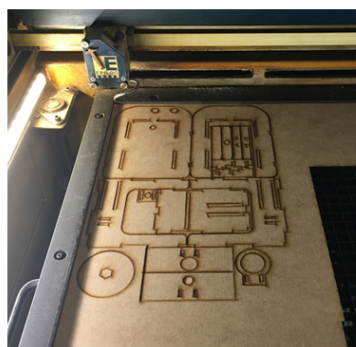
a)



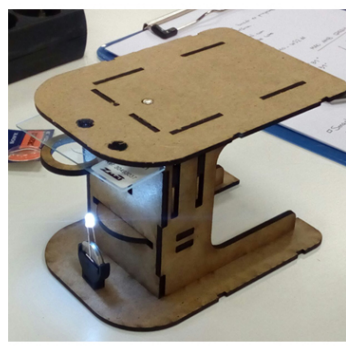
b)



c)



d)



e)



f)

**Figura 14. a) Pantalla ordinador amb els paràmetres de màquina. Imatge pròpia. b) Col·locació del DM. Imatge pròpia. c) Procés de tall. Imatge pròpia. d) Peces tallades. Imatge pròpia. e) Microscopi muntat f) Mostres. Font: Curedbio**



## 5. Conclusions

En aquest treball s'ha fet una anàlisi dels factors actuals que dificulten la implantació de la fabricació digital basada en el tall làser. Entre aquests factors destaca la falta de formació del docent en el tall làser, la manca de coneixement de l'abast de la tècnica i les dificultats que existeixen per accedir a una màquina de tall làser, ja sigui en el centre educatiu o en els Ateneus de Fabricació o FabLABs. Les entrevistes realitzades a docents confirmen que aquests són els principals factors limitants. A més, afegixen que el tall làser no s'inclou en els continguts curriculars de la matèria de Tecnologia de manera explícita.

Els docents entrevistats coincideixen en afirmar que la fabricació digital amb tall làser és un recurs didàctic per a l'aprenentatge útil. Tot els entrevistats mostren interès incloure en la seva programació un projecte amb tall làser. A més a més, els docents que han desenvolupat projectes amb tall làser, asseguren l'interès i motivació de l'alumnat, com també, els bons resultats obtinguts de l'experiència. Tanmateix, els docents que han implementat la tècnica confirmen que el nombre de sessions que van ser necessaris és superior al s'estableix com a habitual (15-20 sessions front a 8-10 sessions). Aquest increment es produeix en la fase de disseny i ve condicionat pel fet de que l'alumnat té un nivell bàsic en el dibuix assistit per ordinador.

Per una manca de temps, aquests estudi s'ha limitat a algunes entrevistes i per tant no es pot considerar una mostra representativa del conjunt del sistema educatiu català. Com a treball futur, aquets estudi hauria d'ampliar la mostra en nombre i territori. Per a que l'estudi fos més complet caldria incloure també en l'estudi una enquesta alumnat.

Els beneficis que aporta la fabricació digital i en concret el tall làser com a recurs didàctic són múltiples. La realització d'un projecte amb eines de fabricació digital permet a l'alumnat assimilar el coneixement d'una manera més significativa i activa. A més a més, és pot fer ús d'una gran varietat de materials i tècniques que permet fomentar la creativitat i l'aprofundiment en l'estudi de les propietats dels materials. Durant el desenvolupament del projecte es possible tractar totes les fases del procés tecnològic. Respecte els projectes, cal afegir que, existeix una gran varietat, són interdisciplinaris en els quals s'estudien conceptes diversos, tenen una forta vinculació a les matèries STEAM i la majoria estan disponibles de manera oberta.

En aquest treball s'ha presentat tres modalitats de projecte (interdisciplinari, per encàrrec, i aprenentatge i servei). És en aquest cas el docent qui ha d'escollir en funció de les necessitats del centre, les característiques i motivacions de l'alumnat, objectius etc. També, s'ha fet un desenvolupament d'un projecte de manera genèrica que permet ser aplicat a les distintes modalitats de projectes presentats.

Finalment, s'ha realitzat un projecte específic (apartat 4.8) on s'ha detallat la descripció del projecte, els materials a utilitzar, la seqüenciació i la temporització. Aquest projecte s'ha presentat com a un exemple de projecte innovador on l'objecte realitzat té una utilitat i un factor motivador. Per tant, una tècnica consolidada com el tall làser ens permet el desenvolupament d'un projecte innovador i és un bon exemple de per què la fabricació digital amb tall làser és un bon recurs didàctic per a l'aprenentatge.



## 6. Bibliografia

- [1] TESCONI, Susanna. Crear artefactos para generar conocimiento.
- [2] MARTIN, Lee. The promise of the maker movement for education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2015, 5.1: 4.
- [3] GERSHENFELD, Neil. How to make almost anything: The digital fabrication revolution. *Foreign affairs*, 2012, 43-57.
- [4] SALTMARSH, John. Education for critical citizenship: John Dewey's contribution to the pedagogy of community service learning. *Michigan Journal of Community Service Learning*, 1996, 3.1: 13-21.
- [5] BLIKSTEIN, Paulo. Digital fabrication and 'making' in education: The democratization of invention. *FabLabs: Of machines, makers and inventors*, 2013, 4: 1-21.
- [6] GARCÍA ALVARADO, Rodrigo. Fabricación digital de modelos constructivos: análisis de equipos y procesos. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 2011, 59: 145-157.
- [7] DOUGHERTY, Dale. The maker movement. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, 2012, 7.3: 11-14.
- [8] Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books, Inc.
- [9] CARISTAN, Charles L. *Laser cutting guide for manufacturing*. Society of manufacturing engineers, 2004.
- [10] WALTER-HERRMANN, J.; BÜCHING, Corinne. *FabLab: Of Machines. Makers, and Inventors (Cultural and Media Studies)*. sl: Transcript-Verlag. media partners, 2014.
- [11] TESCONI, Susanna; ARIAS, Lucia. DIGITAL FABRICATION AGAINST EARLY SCHOOL DROPOUT. EDUCATION PROGRAM AT FABLAB ASTURIAS.
- [12] BARROWS, Howard S., et al. *Problem-based learning: An approach to medical education*. Springer Publishing Company, 1980.
- [13] JOSA, Zulema, et al. De l'electricitat a la fusta: espais d'aprenentatge de la Tecnologia mitjançant projectes. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 2017, 33: 21-28.
- [14] PUIG ROVIRA, Josep M., et al. Aprendizaje-servicio y Educación para la Ciudadanía. 2011.

## 7. Webgrafia

- [A] Guia del corte làser. Modelo Ignis. Consejos útiles para la creación de archivos. BCN3DTechnologies.  
Disponible a: <https://www.bcn3dtechnologies.com/ca/ignis-downloads/>
- [B] Manual d'instruccions Ignis. BCN3DTechnologies.  
Disponible a: <https://www.bcn3dtechnologies.com/ca/ignis-downloads/>
- [C] Decret 187/2015, de 25 d'agost, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació secundària obligatòria (DOGC núm. 6945, de 28.8.2015)  
Disponible a: <http://portaldogc.gencat.cat/utillsEADOP/PDF/6945/1441278.pdf>
- [D] Currículum educació secundària obligatòria. Generalitat de Catalunya.  
Disponible a:  
<http://xtec.gencat.cat/web/.content/curriculum/eso/curriculum2015/documents/ANNEX-5-ambit-cientifictecnologic.pdf>
- [E] Competències bàsiques de l'àmbit científicotecnològic. Generalitat de Catalunya. Desembre 2016. CC BY-NC-ND 4.0.  
Disponible a: [www.gencat.cat/ensenyament](http://www.gencat.cat/ensenyament)
- [F] Projecte "Smartphone Microscope" de Cured.Bio.  
Disponible a: <https://github.com/Curedbio/Microscope>